

Incidencia del BIM en el proceso proyecto-construcción de arquitectura: una vivienda con REVIT

EGA-F0097

Autora: Celia Osca Guadalajara

Tutor: Francisco Juan Vidal

Curso: 2016-2017



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR
D'ARQUITECTURA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

RESUMEN

El tema desarrollado en el presente Trabajo Fin de Grado (TFG), trata de la creciente implantación del software denominado BIM, cuyo significado proviene del inglés (Building Information Modeling), en los procesos constructivos arquitectónicos en la actualidad.

El uso del BIM se hace cada vez más evidente en los estudios de ingeniería y arquitectura, por las ventajas que supone frente al proceso tradicional de diseño y construcción. Ahorro de tiempo, eficacia del trabajo, disminución de errores en los proyectos y un mayor control del trabajo son algunas de las ventajas que aporta este nuevo software para los profesionales.

El mundo entero tiende a unificar los procesos constructivos e industriales, siendo este un gran motivo de la creciente implantación de la metodología BIM, dejando desfasados otros programas utilizados hasta el momento actual.

Tras la crisis sufrida en la construcción a nivel mundial en estos últimos años, el BIM surge como una posible solución o mejora de los procesos de proyecto y construcción.

Por consiguiente, en el desarrollo de este TFG se estudiará la implantación del BIM y todo lo que este nuevo software conlleva y se llevará a la práctica mediante el seguimiento de un proyecto real de una vivienda realizado con REVIT, un programa que incorpora el BIM.

De este modo, se podrá analizar con detalle la Incidencia del BIM en el proceso proyecto construcción de una manera real, lo que constituye el principal objetivo del presente TFG.

PALABRAS CLAVE

Building Information Modelling

Computer Assisted Drawing, (CAD)

Paramétrico

Autodesk

Construcción

AGRADECIMIENTOS

La realización del presente TFG no hubiera sido posible sin la ayuda y generosidad prestada por diversas personas que han dedicado su tiempo y colaboración.

En primer lugar, mis agradecimientos a mi profesor tutor D. Francisco Juan Vidal, del departamento de Expresión Gráfica (EGA) que fue quien propuso este tema como un posible TFG y el cual ha despertado mi interés en este nuevo software.

Quiero agradecerle principalmente por su ayuda prestada durante la realización del trabajo, resolviendo mis dudas en la aplicación de este nuevo y complejo software y por su disposición total y atención continuada en su elaboración. Además, quiero gratificarle también por la puesta en contacto con el arquitecto, D. Jaime Chiralt, que realiza la construcción la cual ha supuesto la parte práctica de este TFG, que sin duda ha sido muy interesante y en la cual he aprendido muchísimo. Agradecerle también a él, por su amabilidad y sus explicaciones recibidas durante mis visitas a la obra.

Por otra parte, agradecer a todo el equipo de Chiralt arquitectos y sus asociados y a los dueños de la vivienda, por la amabilidad prestada en mis visitas a la obra.

Y por último, agradecer también a mis padres, hermanos, amigos y amigas por su apoyo en la realización de este trabajo.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos.....	1
1.2 Metodología.....	2
2. CONTEXTO.....	3
2.1 El sector de la construcción	3
2.2 Características del sector	4
2.3 El proceso de proyecto	5
2.4 Factores involucrados en el proceso de proyecto	7
2.5 El proceso de construcción	8
2.6 Conclusión: estado del sector de la construcción.....	9
3. BUILDING INFORMATION MODELLING	11
3.1 Concepto.....	11
3.2 Historia y origen del BIM	11
3.3 Características del BIM.....	13
3.4 El BIM en el mundo	14
3.4.1 A nivel internacional	14
3.4.2 A nivel europeo	15
3.4.3 A nivel nacional	16
3.5 Programas BIM.....	17
3.6 Niveles de información de BIM.....	19
3.7 Dimensiones del BIM	21
4. METODOLOGÍA BIM	23
4.1 BIM en la fase de proyecto	23
4.1.1 Diseño arquitectónico	24
4.1.2 Diseño de instalaciones	27
4.1.3 Diseño estructural.....	30
4.2 BIM en la fase de construcción.....	32
4.3 BIM en la fase de mantenimiento.....	34
5. PROCESO BIM vs PROCESO TRADICIONAL, CAD	35
5.1 El método tradicional.....	36
5.2 El método BIM.....	36

5.3	Ventajas del uso del BIM sobre CAD	37
5.4	Desventajas del uso del BIM sobre CAD	38
6.	ENFOQUE PRÁCTICO	39
6.1	Descripción de la vivienda.....	39
6.2	Tipología constructiva.....	41
6.3	Estudio previo y planos de proyecto	42
6.4	Desarrollo del modelo en Revit.....	45
6.5	Seguimiento constructivo de la obra.....	52
6.5.1	Estado de la obra (Momento de inicio del TFG)	53
6.5.2	Primera visita de obra (22 de Febrero 2017)	55
6.5.3	Segunda visita de obra (1 de Marzo 2017)	56
6.5.4	Tercera visita de obra (15 de Marzo 2017)	56
6.5.5	Cuarta visita de obra (22 de Marzo 2017).....	57
6.5.6	Quinta visita de obra (5 de Abril 2017)	58
6.5.7	Sexta visita de obra (26 de Mayo 2017).....	59
6.5.8	Séptima visita de obra (26 de Mayo 2017).....	61
6.5.9	Octava visita de obra (28 de Junio 2017)	62
7.	CONCLUSIONES.....	64
8.	ÍNDICE DE FIGURAS.....	67
9.	BIBLIOGRAFÍA	69
10.	ANEXO.....	71

1. INTRODUCCIÓN

A partir de los años 2007-2008, el sector de la construcción en España se ha visto inmerso en una crisis profunda derivada de la "burbuja inmobiliaria" vivida en los años anteriores. No obstante, el sistema de la construcción ya mostraba defectos en cuanto a su modelo productivo y competitivo en el que se basaba.

Esta crisis, que se ha extendido en mayor o menor medida también en otros países, ha propiciado la búsqueda de alternativas que mejoren la situación del sector, entre las cuales destacan nuevas formas de organización del proceso constructivo, y que den lugar a una mayor eficiencia y unos mejores resultados. De esta manera Building Information Modeling (BIM) surge como una mejora frente a la forma tradicional de gestionar y organizar un proyecto.

Considerando las ventajas que supone el uso de la metodología de trabajo del BIM, no hay duda de que se seguirá implantando progresivamente en el ámbito internacional, también en España; no obstante, esto ocurre en medio de la profunda crisis del sector de la construcción, lo que da lugar a que su incorporación por los profesionales se realice de forma lenta. Sin embargo, sus grandes ventajas y su ámbito global están despertando el interés de implantarlo en el sector.

1.1 Objetivos

El objetivo principal del TFG es analizar el impacto del BIM en el proceso de diseño de un proyecto y su construcción, así como analizar su grado de implantación en el sector de la construcción. Para ello, se llevará a cabo otros objetivos secundarios;

- Comparar la metodología BIM frente al proceso tradicional de desarrollo de un proyecto y demostrar las oportunidades de implantación de este nuevo software.
- Estudiar otros programas más tradicionales de dibujo 2D como AutoCAD, y demostrar sus limitaciones en relación con la metodología BIM, analizando las ventajas y desventajas.
- Analizar teóricamente el impacto de implantación del BIM en el sector de la construcción.
- Desarrollar con BIM un proyecto real, concebido y desarrollado inicialmente mediante AutoCAD. Mediante el seguimiento de la obra, y con el modelo desarrollado en BIM, se analizarán las ventajas de este nuevo método frente al diseño en AutoCAD.

1.2 Metodología

Para poder cumplir los objetivos descritos anteriormente, la realización de este TFG se ha dividido en dos partes: una primera parte teórica y una segunda parte de aplicación práctica.

La primera parte teórica corresponde al análisis de la metodología BIM. Se empieza por situar al sector de la construcción en el enclave histórico en el que se encuentra. Posteriormente se realiza una descripción de la metodología BIM y de todo lo que conlleva, cómo surge y en qué consiste hasta finalizar con su implantación en España y sus múltiples ventajas en el mundo de la construcción actual. Para la realización de esta primera parte, se ha realizado una extensa revisión bibliográfica de la metodología BIM a través de artículos, libros, revistas, páginas web... etc. cuya información se ha recogido en el presente TFG.

La segunda parte práctica del trabajo, corresponde al análisis de una vivienda desarrollada en el software Revit, que utiliza la metodología BIM. Esta parte será la que ponga de manifiesto lo expuesto en el apartado teórico y mediante la cual será posible el análisis de manera real del diseño en BIM de un proyecto. Para la realización en Revit del modelo, fue necesario realizar un curso previo sobre el funcionamiento del programa y acudir a manuales para un mayor detalle de su uso.

D. Francisco Juan Vidal, tutor de este TFG, me puso en contacto con el despacho de Chiralt Arquitectos, que fueron quienes diseñaron la vivienda realizada en la parte práctica, cuya construcción se estaba comenzando al mismo tiempo que se iniciaba este TFG.

Por lo tanto, el desarrollo en Revit se ha iniciado a partir de la documentación proporcionada en formato .dwg, además de algunas vistas renderizadas que mostraban los materiales deseados.

A lo largo de la realización del presente TFG, se acordó con el arquitecto una programación de visitas periódicas a la obra con el fin de ver su evolución con el fin de realizar un seguimiento in situ y modelarlo con BIM. Finalmente se ha redactado el documento que aquí se presenta en el que queda reflejado todo este proceso.

2. CONTEXTO

2.1 El sector de la construcción

Para poder justificar la introducción del BIM en el sector de la construcción, es necesario conocer cuál ha sido su evolución en los últimos años y su delicada situación actual, lo cual ha propiciado el nacimiento de esta herramienta y su necesidad de adopción en el sector.

En todo el mundo la construcción está caracterizada por ciclos alcistas seguidos de otros de recesión, que están condicionados no sólo por la oferta y la demanda del mercado sino también por factores económicos y sociales independientes de esta industria.

En España, desde la década de los 80, el sector de la construcción sufrió una notable expansión, que supuso el inicio de lo que se conoce como la "burbuja inmobiliaria", la cual duró desde el año 1995 hasta el 2006. Esta situación generó un incremento excesivo e injustificado de los precios de los bienes inmuebles, que acabó en un "pinchazo" de la burbuja y desencadenó una gran crisis del sector, la cual se ha expandido hasta el año 2014, conllevando a una terrible parálisis del mercado inmobiliario.

La desconfianza de los bancos en aquel momento, ante la elevada morosidad de los créditos concedidos en los años anteriores, supuso la ausencia total de financiación en el sector, de forma que los potenciales compradores no pudieron obtener hipotecas para adquirir los inmuebles. Todo el ciclo alcista que había sufrido la construcción en los años de la burbuja inmobiliaria cayó en picado desembocando una tremenda crisis en España.

El sector de la construcción ha sido desde la antigüedad símbolo de innovación, avance y desarrollo, en donde la industria se encuentra al servicio de la construcción. No obstante, desde hace décadas, el proceso de la construcción se ha mantenido en cuanto a su forma de trabajo, mientras que la industria ha ido evolucionando a pasos agigantados. La producción en masa, la motorización de las formas de producir y los numerosos avances de la industria, dejan de lado a la construcción, la cual mantiene su forma artesanal de trabajo desde hace años. Los papeles se han invertido y es la construcción quien necesita ahora de una innovación para resurgir de la crisis.

Por consiguiente, esta crisis sufrida ha servido para dejar en evidencia la necesidad de una importante reforma e innovación en la manera de trabajar del sector, que aporten soluciones a los problemas y mejoren su eficiencia y rentabilidad. Es aquí entonces donde nace el Building Information Modeling, objeto de estudio de este trabajo, como una importante herramienta que apoya todo el proceso productivo desde el principio hasta el final y que involucra a todos los agentes que participan en él.

2.2 Características del sector

Al igual que ocurre en cualquier otra industria, la finalidad última del sector de la construcción es la elaboración de un producto acabado y su posterior venta en el mercado, con el fin de maximizar los beneficios para una calidad dada. No obstante, se trata de un sector muy particular que presenta unas características específicas que conviene explicar a continuación.

Características socioeconómicas

La construcción, junto con los sectores industriales y energéticos, es uno de los motores más importantes de la economía, produciendo activos en forma de edificaciones, tanto privadas (uso residencial y terciario) como públicas (infraestructuras).

La actividad del sector supone aproximadamente el 9% del PIB mundial, y es además en casi todo el mundo el mayor generador de mano de obra. La construcción afecta directamente a los tres sectores de la economía (Fuentes, 2012):

- El Sector primario: Industrias extractivas, para la obtención de materias primas
- El Sector secundario: Equipamientos, materiales ya procesados, constructoras...etc
- El Sector terciario: Despachos de arquitectura, Promotores, Agencias inmobiliarias...etc

Tras producirse el pinchazo de la burbuja inmobiliaria, como se ha expuesto en el apartado del contexto del sector de la construcción, ésta arrastró consigo al resto de la economía del país. En la economía española, el sector ha tenido un comportamiento cíclico, marcando la oscilación económica del país, aunque esta se vea en los ciclos más pronunciados.

Asimismo, el sector de la construcción está directamente relacionado con la sociedad, ya que la disponibilidad de viviendas o de infraestructuras públicas y espacios comunes condiciona la vida de la ciudad y directamente de las personas.

Según la situación económica, las construcciones públicas vendrán en mayor o menor medida condicionando el nivel de bienestar social y el derecho de las personas a una vivienda digna. Además, es el sector que mayor mano de obra genera a nivel mundial, luego cumple también con el derecho fundamental de las personas a un trabajo.

La adquisición de una vivienda es un objetivo de vida de muchas personas, luego la implicación social del sector de la construcción es directa, además de la económica, ya que en el mayor de los casos será necesaria la prestación de un crédito para obtenerlas. La inversión residencial incrementó notablemente su relevancia en la economía, pasando de suponer poco más del 5% del (Producto Interior Bruto) a mediados de los 90 a un 7,4% en el 2007. (Domenech, Octubre 2011)

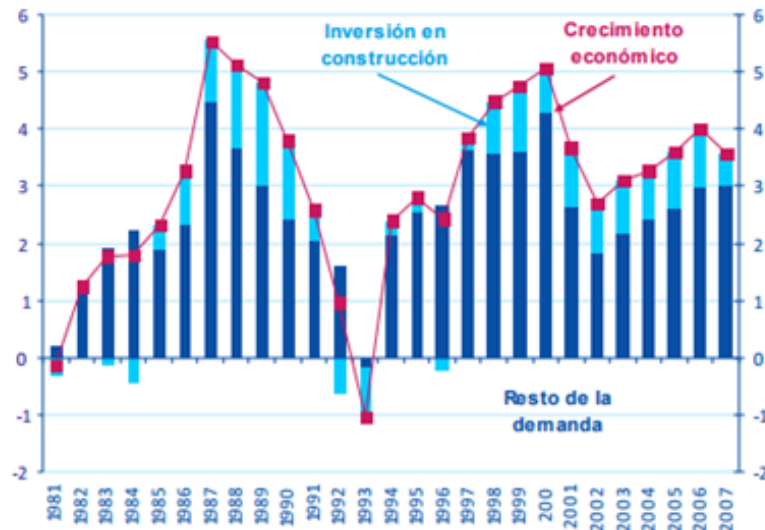


Figura 1. Gráfica que representa la contribución en España al crecimiento de la inversión en construcción
Fuente: BBVA a partir de INE

Características del producto

Lo que caracteriza al sector de la edificación frente al resto de industrias es el producto final, la construcción.

La principal característica del producto que lo diferencia con respecto al resto de industrias es la singularidad. Cada proyecto es único e irrepetible, pues contiene unas prestaciones demandadas por el promotor y un diseño posterior que es único e irrepetible. Cada proyecto presenta un emplazamiento y unas condiciones del lugar diferentes, y las múltiples maneras de construirlo y la diversidad de acabados hace que el producto sea siempre diferente. Por este motivo, la construcción en serie resulta muy compleja.

Por otra parte, el producto resultante es inamovible puesto que una vez construido en el lugar ya no se puede cambiar de emplazamiento. Por este motivo, el valor del terreno supone una de las principales inversiones del proyecto. Además, esto conlleva al fraccionamiento y la dispersión, puesto que la empresa que suministra los materiales se ve obligada a desplazarse al lugar de la obra.

2.3 El proceso de proyecto

Al igual que en cualquier otra industria, la finalidad del sector de la construcción es la elaboración de un producto acabado y su posterior venta en el mercado, con el fin de obtener unos beneficios. Para la elaboración del producto, se realiza previamente un proceso constructivo en el cual intervienen numerosos agentes que conviene explicar para poder entender por qué el BIM supone una mejora de este proceso.

El producto final de la construcción como ya hemos comentado anteriormente, es bien distinto del resto de industrias, por consiguiente su procedimiento conlleva también

algunas peculiaridades. Por lo general, el ciclo de cualquier industria se puede resumir en los siguientes pasos:

- Idea
- Estudio previo
- Diseño
- Planificación y control
- Manufactura
- Montaje/ensamblaje

En la construcción, el proceso final de montaje y ensamblaje caracteriza la peculiaridad del sector que esta fase se realiza in situ en el lugar donde quedará finalizado el producto y no en una factoría como sucede en la mayoría de industrias.

Existe un factor fundamental para que el inicio de un proyecto tenga lugar, siendo este el capital disponible para su financiación. Este factor supone la iniciación del procedimiento, y puede provenir de una financiación pública, si el producto final implica alta rentabilidad social y un bien común para la sociedad, o bien de una financiación privada si éste dispone de capital suficiente y se busca una rentabilidad individualizada.

En segundo lugar, una característica que es fundamental en el proceso constructivo es la incertidumbre del proyecto. Al comienzo del mismo, se realiza una fase de viabilidad del producto final, es decir, si nuestra construcción va a resultar exitosa cuando finalice. Para realizar esta fase, se ha de tener en cuenta el mercado inmobiliario, regido por la ley de la oferta y la demanda, y la actividad del mercado durante el largo proceso de construcción del edificio, que suele durar varios años. Por consiguiente, se realiza una estimación del mercado y de su variación a lo largo de la vida del edificio, situación que puede variar considerablemente ya que habrán pasado varios años.

Por otra parte, la extensa normativa que rigen los proyectos y que se ha de tener en cuenta en todas sus vertientes expone el grado de influencia que los proyectos tienen sobre la sociedad y la vida en general. Esta es otra característica fundamental de la construcción que la distingue del resto de industrias. Durante toda la vida del edificio se ha de considerar el reglamento, tanto en los inicios como durante toda su vida útil, conllevando una necesidad de mantenimiento y cuidado del proyecto que se han de tener en cuenta durante todo el proceso.

Como consecuencia, para que la iniciativa del proyecto sea viable, será necesario que exista demanda del producto, hayan factores suficientes para su construcción y que se disponga de financiación para su ejecución.

2.4 Factores involucrados en el proceso de proyecto

Para que el proceso de proyecto tenga lugar, es necesario que se den los siguientes factores:

- FACTOR SUELO

Es el factor que mayor repercusión tiene en el precio final del producto resultante de la construcción. La construcción ha ido siempre ligada a la evolución del suelo, suponiendo un activo de inversión muy interesante en el mundo de la construcción. Además para que se inicie el proceso, es necesario la adquisición de un solar el cual condicionará muchas decisiones finales del proyecto.

- FACTOR CONOCIMIENTO

Tras la adquisición del solar y desarrollo de la idea de proyecto, es deber del promotor la contratación del equipo que desarrolle y construya el proyecto. En esta fase del proyecto, son muchos los profesionales contratados que intervienen trabajando en sus distintos campos para hacer posible un mismo proyecto el cual presente diversos atributos: estética, funcionalidad, calidad, seguridad, plazos de ejecución y mantenimiento.

Durante la ejecución del proyecto, son muchas las variaciones con respecto al diseño inicial del proyecto, por temas tales como; imposibilidad de ejecución, cambio de idea del promotor, mejora de la idea inicial, inexistencia de materia prima, cambio de precios...etc. La colaboración de diversos profesionales, que habitualmente trabajan sin compartir un mismo espacio de trabajo, supone muchas dificultades en el intercambio de este tipo información. El formato habitual de trabajo entre todos los profesionales viene a ser el papel y el boli, ya que la transmisión de información entre todos ellos muchas veces resulta imposible ante la diversidad de programas existentes y la no compatibilidad entre ellos. Por consiguiente, será labor del responsable del proyecto, hacer que llegue este tipo de información a todos los intervinientes en el proyecto.

Por consiguiente, la carencia de un canal de comunicación global entre todos los profesionales ralentiza el proceso de ejecución final y supone muchas veces incoherencias en las soluciones del producto final.

- FACTOR INDUSTRIA

Una vez desarrollada y finalizada toda la documentación necesaria para iniciar el proyecto, entra por último la industria. Una vez más, se observa cómo se vuelve a fragmentar la contratación y desarrollo del proyecto, puesto que esta última introducción de la industria en el proceso acarreará incoherencias posteriores que aumentarán los plazos y coste de la obra final.

2.5 El proceso de construcción

Una vez analizado todo lo necesario para que el proceso de construcción se pueda llevar a cabo, conviene explicar las fases del proceso constructivo.

1. ANTEPROYECTO

Esta fase engloba todo lo expuesto anteriormente en el proceso de proyecto. El anteproyecto se define como la fase del trabajo donde se exponen los aspectos principales de la obra con el fin de proporcionar una primera imagen global de la misma y definir un avance de presupuesto.

2. PROYECTO BÁSICO

Conlleva una pequeña evolución con respecto al anteproyecto en la cual hay un desarrollo más detallado mediante el cual se pueden solicitar permisos para poder efectuar la obra y ajustarla a la legislación vigente. Contiene mayor detalle de elementos, documentos, determinaciones...etc.

3. PROYECTO DE EJECUCIÓN

En el proyecto de ejecución contiene la determinación completa de detalles y especificaciones de todas las soluciones adoptadas en el proyecto, de todos los elementos como de las maquinarias a utilizar, los materiales...etc. Es por tanto, el momento en el que el proyecto arquitectónico adquiere todas las características técnicas, económicas y constructivas que van a permitir que se pueda llevar a cabo correctamente la construcción.

4. FASE DE CONSTRUCCIÓN

Esta fase se puede llevar a cabo de diversos métodos, no obstante tres son los formatos más habituales:

- Diseño-Licitación-Construcción.

Es el método más frecuente. El promotor contrata a los técnicos que elaboran el proyecto de ejecución. Una vez ejecutado, se propone a varias empresas que expongan su oferta económica y técnica para la construcción y se adjudica a aquella que mejor oferta proponga. La ejecución se lleva a cabo por parte de la empresa bajo la vigilancia de la dirección técnica facultativa. En este método, la empresa no forma parte del proyecto de ejecución, conllevando la necesidad de ésta de redibujar las soluciones de proyecto. Esta falta de información inicial supondrá errores posteriores por posibles inconcurrencias en la ejecución del proyecto.

- Diseño-construcción.

En este modelo, el equipo de proyecto y de construcción trabajan juntos en la elaboración del edificio. En este caso, el promotor contrata a una misma empresa con capacidad de diseñar el proyecto y al mismo tiempo lidiar con su ejecución, de manera que colaboran conjuntamente en el proceso. Es un método ventajoso ya que la toma de decisiones se realiza teniendo en cuenta ambas fases, omitiendo posibles

incoherencias posteriores. Sin embargo, se da pie a la no participación de empresas externas que puedan ofertar mejores costes del proyecto. Por este motivo, se fija al inicio de proyecto un coste máximo de ejecución, asumiendo el no cumplimiento del coste la empresa constructora.

- Gestión del PPC en riesgo.

Este método no es común en nuestro país, y su nombre proviene directamente de la traducción Construction Management at Risk. En este modelo el promotor contrata al mismo tiempo a un equipo de proyecto para que elabore la documentación y a un Construction Manager, el cual es el responsable del proceso de ejecución pero que participa directamente en el proceso de elaboración

5. FASE DE EXPLOTACIÓN

Ya finalizado todo el proceso de ejecución del edificio y éste ya está finalizado, comienza la etapa de explotación del edificio. El proyecto pasa a tener una propiedad y a ser explotado por los beneficiarios del mismo. En esta fase se hace entrega del "Libro del edificio" al propietario, en el que se expone toda la documentación elaborada del proyecto, tanto de su fase inicial como de desarrollo y ejecución. Durante la fase de explotación, un técnico deberá gestionar las revisiones técnicas del edificio, el cual deberá conocer el edificio o poseer toda la documentación necesaria para poder conocer el proyecto.

6. FASE DE MANTENIMIENTO

Todas aquellas reparaciones, reformas y trabajos que se den lugar para realizar mejoras en el edificio, formaran parte de esta fase de mantenimiento. Esta actividad supone una incertidumbre en el proyecto ante la imposibilidad de predecir los posibles daños que sufrirá el edificio durante su etapa de explotación. No obstante, la calidad del proyecto deberá prever unos buenos resultados para mitigar al máximo esta fase.

2.6 Conclusión: estado del sector de la construcción

Como consecuencia de lo expuesto en los apartados anteriores, se pueden extraer una serie de conclusiones sobre el sector de la construcción en general y en España en particular.

1. Se trata de un sector que precisa una innovación urgente con el fin de reactivarse nuevamente. El sector de la construcción ha perdido peso en la economía española y ha dejado de ser su principal motor.
2. Es un sector que mantiene su forma tradicional de trabajo desde hace muchos años ante la imposibilidad de la producción en serie, y la singularidad del producto final de la construcción.
3. El sector de la construcción rige la economía de un país arrastrando a los demás sectores y suponiendo crecimiento o decrecimiento económico según la situación de la construcción.

4. Tras la gran crisis sufrida, la inexistencia de capital ha causado la parálisis del sector. Es necesario la existencia de capital para que la actividad constructiva pueda iniciarse, de lo contrario el proceso se paraliza.
5. Son principales activos de inversión del sector el suelo y el bien inmueble final. El mercado inmobiliario se rige por ciclos alcistas o despreciativos que vienen condicionados por la oferta y la demanda del mercado, siendo independiente el proceso constructivo intermedio.
6. La mayoría de las empresas que llevan a cabo proyectos de arquitectura son de reducido tamaño, y con escasa capacidad de llevar a cabo todo el proceso constructivo. Esta situación obliga a la subcontratación y a la fragmentación del trabajo.
7. Las fases que componen el proceso constructivo no suelen estar llevadas a cabo por una misma empresa o despacho, siendo delegadas las diferentes tareas en varias personas o empresas. Esta manera de trabajo y la inexistencia de una herramienta común de comunicación sobre el proyecto conlleva posteriores errores e inconcurrencias durante el proceso constructivo.
8. La empresa constructora en la mayoría de los casos entra a formar parte del proyecto en último lugar y con todas las decisiones tomadas. La empresa necesitará redibujar detalles constructivos necesarios para llevar a cabo su función sin haber podido opinar en las fases anteriores sobre posibles alternativas de trabajo. Esto supone una ralentización del proceso y posibles incoherencias de proyecto.
9. La incertidumbre es un factor característico de los proyectos de construcción. Los numerosos agentes que intervienen en un proyecto hace que cada uno trabaje con sus propios márgenes de tiempo y de presupuesto sin llevar a cabo una comunicación global. Esta forma de trabajo supone en la mayoría de los casos el incumplimiento de los plazos iniciales establecidos y un coste final mayor del esperado.
10. La información de proyecto suele ser transmitida en formato 2D y en papel o formato digital no editable, lo que dificulta la comprensión de manera global del proyecto. Asimismo, la amplia diversidad de programas de la actualidad que los profesionales utilizan, y la no compatibilidad entre ellos hace que el formato papel sea la herramienta universal por excelencia de proyecto.
11. Durante todo el proceso de proceso de proyecto y construcción la información inicial sufre numerosos cambios, y debe ser el responsable de obra quien se encargue de que los cambios lleguen a todos los intervinientes. Cualquier alternativa o propuesta posterior a la idea inicial de proyecto supone una regeneración de planos y cálculo de todo lo que esta mejora supone. Esta forma de trabajo es lenta y no siempre la información llega a todos de la misma manera.

Tras el análisis del sector de la construcción es evidente la necesidad mejora del sector de forma global. El sector precisa de una mejora en cuanto a su forma de trabajo, con el objetivo de aumentar la eficacia del proceso de proyecto, mejorando la comunicación entre todos los que intervienen en el mismo, con el fin de evitar el incumplimiento de los plazos acordados inicialmente y de sobrepasar el presupuesto inicial de proyecto.

3. BUILDING INFORMATION MODELLING

3.1 Concepto

Ante la situación de mejora e innovación que sufre el sector, nace este nuevo concepto llamado BIM como una alternativa de forma de trabajo.

BIM es un acrónimo que proviene del inglés Building Information Modelling, que traducido al castellano significa Modelado de Información de Construcción. Se trata de una metodología de trabajo que consiste en la creación, gestión y almacenamiento de Información sobre todo lo relacionado con un proyecto constructivo, es decir, todo lo que concierne a su geometría, a la relación con el espacio, al emplazamiento geográfico y a todas las cantidades y componentes del edificio.

El Building Information Modelling supone la representación digital de las características geométricas y funcionales de un proyecto utilizando entidades constructivas (muro, puerta, losa...) en lugar de entidades geométricas (línea, arco, círculo) y entendiendo la relación entre los diferentes elementos constructivos

El uso de objetos inteligentes y paramétricos relacionados entre sí, supera a la geometría 2D o 3D individualizada del programa CAD.



Figura 2. Factores que intervienen en el modelo BIM

Fuente: <http://www.animum3d.com/productos/master-bim-manager-autodesk-revit/el-master/>

3.2 Historia y origen del BIM

El BIM es una metodología que abarca un amplio grupo de herramientas y programas, que ha supuesto para el mundo de la arquitectura y de la construcción un cambio en cuanto a la forma de trabajar y de plantear los proyectos.

Para poder entender el desarrollo del concepto de BIM, es necesario conocer los procesos de trabajo del CAD y del dibujo asistido por ordenador, por lo que previamente al nacimiento del BIM, salió el proceso CAD.

La aparición de la tecnología CAD (Computer Assited Drawing) por primera vez en 1982 supuso una revolución en la forma de trabajar, no solo en el campo de la arquitectura y construcción, sino en toda la industria en general, ya que solucionaban uno de los mayores problemas del dibujo en el papel, la representación de objetos en diferentes escalas gráficas. De estos procesos CAD, surgieron entonces la representación de objetos virtuales en tres dimensiones.

A mediados del siglo XX, EN 1957, el doctor Patrick J. Hanratty desarrolló uno de los primeros programas de dibujo asistido por ordenador, el CAM, Computer Aided Machining. Unos años más tarde, otro profesor europeo llamado Bjorn Bindslev, tras una investigación sobre el uso del ordenador en los procesos de construcción, acabó desarrollando en el mismo año el sistema CBC, Coordinated Building Communication.

En el año 1963, otro profesor llamado Ivan Shuterland, desarrolló un sistema llamado Skecthpad, cuyas bases han servido hoy como guía de los gráficos interactivos por ordenador. Una de las principales novedades que introducía era la comunicación visual entre usuario y ordenador. La aplicación defendía el concepto del ordenador como extensión de la mente humana, no solo en la rama técnica sino también en la artística.

A mediados de la década de los 70, aparecen los sistemas BDS (Building description System), desarrollado por el profesor Charles Eastman. Eastman señaló la pérdida de tiempo que se producía cada vez que se tenía que modificar un proyecto en las fases de diseño. Este sistema estaba basado en una librería que incluía muchos elementos arquitectónicos que pueden ser ensamblados y mostrar un diseño arquitectónico al completo. Los BDS se mostraban como un claro antecedente al modelaje en BIM.

En el año 1965, se comercializa el primer CAD con un coste de 500.000 US\$, y cuatro años más tarde empresas del mundo del automóvil tales como Ford, Chrysler o General Motors introducen el CAD en sus sistemas de diseño. No obstante, no es hasta 1982, cuando la empresa norteamericana Autodesk, producen un programa CAD para pc con un coste inferior a los 1.000 US\$, herramienta de dibujo más utilizada hasta nuestros días. En ese mismo año se funda la compañía húngara Graphisoft, que seguirá una línea diferente de los softwares 2D, en los que se centraba Autodesk por aquellos años, aportando una visión más global del edificio, que involucrase distintos aspectos.

Dos años más tarde, en 1984, Graphisoft comercializa Virtual Building Solution, más conocido como ArchiCAD. Este software, suponía una materialización de lo que se venía teorizando en los años anteriores acerca de la metodología BIM. Sin embargo, el concepto llegó antes que el nombre, ya que no es hasta 1986 cuando se usa el término BIM por primera vez.

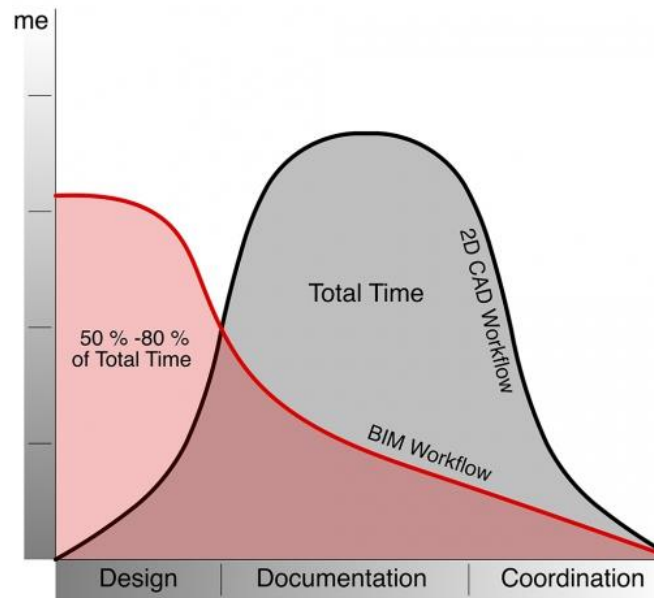
En la década de los 90, gran parte de la teoría BIM se había desarrollado, y poseía una amplia extensión y base entre los expertos de la materia, sin embargo, la fuerza del 2D de Autodesk era la usada por excelencia en la mayoría de empresas. No es hasta 2002, cuando el gigante Autodesk se introduce en el mundo del BIM adquiriendo REVIT.

A medida que el BIM se daba a conocer, más gente se decidía a emplear este nuevo tipo de herramientas. En el año 2008 se asentaron las bases del software en una conferencia y el uso del BIM continua creciendo a medida que se va conociendo.

3.3 Características del BIM

El modelo constructivo BIM simula el proceso proyecto construcción en un entorno virtual 3D, para el cual es necesario un ordenador y la instalación del software para su desarrollo. Las principales características del software que cabe destacar son las siguientes:

- El modelo virtual 3D se asemeja al proyecto final que vamos a obtener una vez ejecutado luego nos proporciona una imagen visual tanto del proceso como de su resultado final.
- Toda la información del proyecto es guardada en una única base de datos, lo que permite crear cambios que se guardarán de manera directa en un único modelo.
- La información del modelo es multidisciplinar, ya que cubre todos los aspectos del diseño tales como economía, programación, mantenimiento del edificio...etc.
- La información es multidireccional, es decir, la información que se recibe o envía a través del modelo y todos los cambios que se realizan en el mismo se producen de manera instantánea.
- El modelo nos presenta una información continuada del proyecto. Esto es, se modela desde la etapa de diseño y se lleva un control del proyecto hasta su última fase, la de explotación y mantenimiento del edificio.
- La información del modelo es parametrizada, por lo que se puede editar, eliminar y agregar componentes de manera directa. Está compuesto de objetos "inteligentes".
- Los objetos paramétricos tienen una entidad y unas características propias. Los objetos se relacionan entre sí con otros componentes del proyecto, lo que nos permite una definición y un control global del modelo. Cada elemento tiene una información propia de su situación en el proyecto e información de sus componentes.
- Inmediatez de la actualización de datos en el modelo, lo que supone ahorro de tiempo y rapidez de la toma de decisiones. En la Figura 3 puede observarse la distribución del trabajo del BIM vs el CAD



*Figura 3 Trabajo BIM Vs 2D CAD . Courtesy of Shoegnome
Fuente: Eugenio Fontan, BIM Architecture Office, enzyme.*

3.4 El BIM en el mundo

3.4.1 A nivel internacional

La situación del BIM ha ido evolucionando exponencialmente. La concentración del BIM a nivel global es bastante homogénea, localizándose especialmente en países como Chile, Brasil, Perú o Colombia, en donde el ritmo de contratación de perfiles BIM es muy alto, al igual que al Norte del Continente, en los EEUU y Canadá, este último principal precursor a través de entidades como CanBIM.

Uno de los países que más ha desarrollado e incentivado el uso de la metodología BIM son los Estados Unidos. Desde el año 2007, se implantó en el país la obligatoriedad de usar la metodología en todos los proyectos públicos. Recientemente se ha publicado la primera versión de la National BIM Guide for Owners, con el objetivo de intentar acercar las ventajas de la metodología al escaso porcentaje del 18% que todavía no está familiarizado con el software en el país.

En países como Australia, China y Corea del Sur también están empezando a implantar esta nueva metodología de una manera muy activa. En China ya existe un estándar nacional unificado para su uso y en Corea tuvo lugar la primera conferencia sobre el BIM.

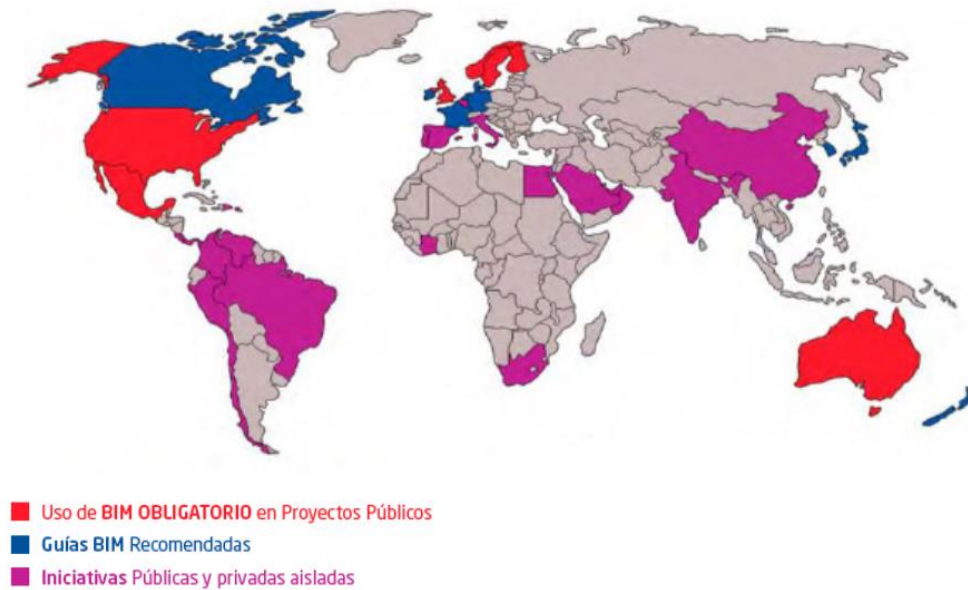


Figura 4: Mapa de implantación del BIM en 2014
Fuente: Archvisión

3.4.2 A nivel europeo

Existe la directiva 2014/04/UE que expresa que se deberán emplear sistemas electrónicos en procesos de contrataciones de obras, servicios y suministros a partir de Septiembre del 2018, es decir, incorporar en el sector de la construcción la metodología BIM.

Hasta el día de hoy, el asentamiento en Europa del BIM ha tenido grandes diferencias, por lo que para poder hablar con precisión conviene dividir el continente en 3 zonas según su nivel de implantación.

- La zona norte de Europa.

Esta es sin duda la más influencia por la metodología BIM, ya que viene siendo incentivada e implantada por el gobierno desde sus inicios en los proyectos de arquitectura. Los países escandinavos son los más adelantados en la materia. En Finlandia, Dinamarca y Noruega el uso del BIM es obligatorio y actualmente están más centrados en mejorar la eficiencia energética de sus edificios para hacerlos menos contaminantes y más competitivos. En los Países Bajos esta metodología ha sido utilizada para la construcción de la mayoría de las carreteras del país mediante el programa SAA.

- La zona centro de Europa.

Reino Unido comenzó a adoptar la metodología BIM en el año 2006, y esta implantación ha supuesto ahorro en costes de alrededor de 15-20%, por lo que en el país ya se gestiona, desarrolla, organiza y construye basándose en el BIM. Gracias a la administración pública, su crecimiento ha sido tan rápido que desde el año 2016 su uso en el país ya es obligatorio. Para ayudar a su implantación en el país, la NBS (National Building Specification), cuenta con un apartado exclusivo sobre la tecnología BIM donde poder consultar.

Por otro lado, en Francia y Holanda también ha aumentado exponencialmente su uso, siendo obligado desde el año 2012 en Holanda y a partir del 2017 en Francia. No obstante, en la potencia alemana, el empleo del BIM ha sido menos notable. La peculiaridad que presentan es que hacen uso de su propio software, lo que dificulta su implantación.

- La zona sur de Europa

La implantación en esta zona es mucho menor, siendo prácticamente escasa. Tan solo algunas pequeñas empresas están comenzando a incorporar a metodología. Desafortunadamente, España se encuentra dentro de esta zona, lo que supone un agravio competitivo de las empresas españolas con las del resto de Europa. Esta cuestión se desarrolla en el próximo apartado.

3.4.3 A nivel nacional

El nivel de implantación del BIM en España es en general muy bajo, por lo que nos encontramos en los últimos puestos en lo referente al uso del software. Los años de crisis han supuesto un retraso importantísimo en el sector de la construcción, sin embargo la internacionalización de algunas empresas españolas, tanto grandes como pequeños estudios, ingenierías y profesionales, han posicionado a España en una actitud de recuperar los años perdidos.

El 14 de Julio de 2015, la ministra de fomento Ana Pastor, presidió el Acto de Constitución de la Comisión para la implantación de la metodología BIM, donde se anunció que esta metodología se iría introduciendo progresivamente en España.

Actualmente y de manera imprescindible, las empresas españolas que quieran participar en proyectos relacionados con la construcción en otros países, tienen que implantar el modelo BIM y sus herramientas correspondientes de manera obligatoria.

En la siguiente figura se muestra de manera resumida los principales países que ya han implantado o se encuentran en proceso de implantación la metodología BIM



Fuente: Bim community

3.5 Programas BIM

La tecnología BIM se despliega en diversos programas cuya interfaz es diferente pero que incorporando esta metodología su forma de trabajo es prácticamente la misma. A continuación destacamos aquellos programas que nos podemos encontrar de manera más común en la actualidad.

REVIT

Es un software de Autodesk que incorpora la tecnología BIM, cuyas herramientas permiten realizar un modelo inteligente para planificar, diseñar, construir y administrar edificios e infraestructuras en 2D y 3D. Las principales disciplinas que se utilizan en Revit son; arquitectura, estructura, mecánica, fontanería, electricidad y coordinación. Uno de sus aspectos más destacables es la implementación del uso de fases, que nos permiten determinar el proceso de obra de un proyecto o de una remodelación-



Figura 6. Logo REVIT

Fuente: Autodesk

Revit es compatible con un proceso de diseño multidisciplinario y colaborativo ya que posee un motor de cambios paramétricos que permite el cambio de información de manera bidireccional. Consecuentemente un cambio en un aspecto del modelo supone el cambio instantáneo de toda la información.

Charles River Software lanzó Revit 0.1 por primera vez en Noviembre de 1999, siendo numerosas veces actualizado hasta día de hoy con Autodesk Revit 2018. La alta accesibilidad de Autodesk a las ingenierías que ya son usuarios de AutoCAD lo convierten probablemente en el programa BIM de referencia.

ARCHICAD

Programa que fue desarrollado por la empresa húngara Graphisoft que permite a los usuarios trabajar con objetos paramétricos, usualmente llamados "Smart objects". Su desarrollo comenzó en el año 1982 originariamente para los sistemas Macintosh, donde se convirtió en un software popular.



Figura 7. Logo Archicad

Fuente: Graphisoft

El software es muy similar a Revit ya que permite a los usuarios crear representaciones virtuales mediante elementos constructivos inteligentes, tales como paredes, techos, puertas, ventanas...etc. Sin embargo, la principal diferencia con este es la manera de trabajo de la interfaz, puesto que Archicad usa el sistema de las capas o la forma de plotteado mediante plumillas al igual que Autocad.

El primer programa salió en 1987 con el nombre de Archicad 3.1 y ha sido actualizado hasta día de hoy, con su última versión Archicad 21.

TEKLA

El nombre del programa proviene de la abreviación de la expresión finlandesa "Teknilien Laskenta Oy" que significa computación técnica. Tekla es la última herramienta incorporada en el 2016 al mundo del BIM utilizada en el mundo profesional para la colaboración en proyectos de construcción. El programa se utiliza para el diseño, detalle, despiece, fabricación y montaje de todo tipo de estructuras, de manera que los ingenieros estructurales pueden trabajar de una forma más efectiva, enfocados más a la ingeniería. Tekla Structures es actualmente el software BIM líder mundial en estructuras.



*Figura 8. Logo TEKLA
Fuente: Tekla. Software company*

ALLPLAN

Este software desarrollado por la empresa Allplan del grupo Nemetschek utiliza la metodología BIM en su diseño asistido por computadora paramétrico para arquitectura e ingeniería. Surge por primera vez en el año 1984, y en sus inicios suponía una solución interna de un despacho de Munich. El software inicialmente de formato CAD ha evolucionado y sufrido numerosas actualizaciones hasta obtener la versión Allplan 2013 disponible en la actualidad.



*Figura 9. Logo Allplan
Fuente: Allplan*

Su modo de trabajo es muy similar al resto de programas pudiéndose realizar dibujos 2D y 3D e importaciones de diversos formatos entre los que se encuentran los archivos de AutoCAD. Allplan ofrece una plataforma para el trabajo conjunto entre todos los trabajadores en los proyectos de construcción gracias a la integración del BIM.

VECTORWORKS

Al igual que Allplan, el grupo Nemetschek desarrolla también el programa llamado Vectorworks. El programa que mezcla el CAD y el BIM, lo que permite abarcar múltiples tareas y procesos a la hora de desarrollar un proyecto tanto en 2D como en 3D. Un único archivo que permite compartir información intercambiable entre todo el equipo de proyecto, característica principal de los programas BIM.



*Figura 10. Logo Vectorworks
Fuente: Vectorworks.net*

Desde su inicio en el año 1983, el programa se ha extendido cada vez más no sólo a estudios de arquitectura, sino también en el mundo del diseño industrial y el interiorismo. El uso de Vectorworks está más extendido en el extranjero que en nuestro país.

Son múltiples los programas que usan ya esta nueva metodología BIM y que hace más práctico y sencillo el trabajo de los profesionales, no obstante en los capítulos posteriores nos centraremos en el software de trabajo Revit, objeto de trabajo de este TFG.

3.6 Niveles de información de BIM

Cuando se construye un modelo virtual en tres dimensiones lo que realmente se está realizando es una abstracción de la realidad. Por consiguiente, esta abstracción puede presentarse en diferentes niveles de evolución dependiendo del tipo de visualización e información que queramos conseguir. Así pues, el modelo tendrá un mayor o menor desarrollo en función del propósito de proyecto y del nivel de entendimiento para quien vaya a visionarlo.

Vico Software fue la primera empresa en introducir este término, ya que le era necesario para poder realizar su software de mediciones y costes. Posteriormente, el Instituto Americano de Arquitectura (AIA), decidió que este sistema era una buena opción para valorar la calidad de un modelo BIM e introdujo estos términos en el mundo del BIM.

Es frecuente la confusión entre dos términos que definen los niveles de detalle y desarrollo de los proyectos, por ello conviene detallarlos a continuación.

- Nivel de desarrollo (*Level of Development- LoD-*), "define el nivel de desarrollo o madurez de información que posee un elemento del modelo, y este es la parte de un componente, sistema constructivo o montaje del edificio" (Revista Building Smart JAM_ Art)

Existen diferentes niveles de desarrollo, desde un LOD 100, que presenta elementos de manera muy básica y conceptual hasta un nivel LOD 500 de mayor desarrollo y con mayores especificaciones. Conforme se sube en escala, aumenta la cantidad de cosas que se deben modelar y por consiguiente mayor es el nivel de detalle del modelado. En la siguiente figura se puede ver un esquema de los niveles de desarrollo con sus características básicas.

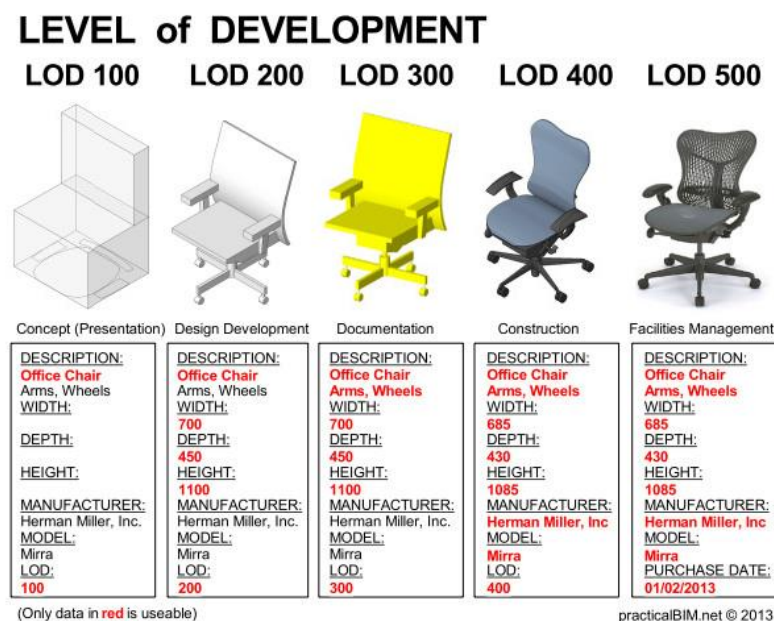


Figura 11. Niveles de desarrollo del BIM

Fuente: PracticalBIM.net modificada personalmente

- Nivel de detalle (*Level of Detail- LoD-*), "se corresponde a la evolución lineal de cantidad y riqueza de información de un proceso constructivo; siempre aumenta con el tiempo y se refiere al modelo del proyecto, los costes/ presupuestos y la planificación temporal" (Fuente: Revista Building Smart JAM_ Art).

Hace referencia a la cantidad de detalle incluida en el elemento del modelo. Se trata de una medida de cantidad, sin afectar a la calidad ya que el elemento lleva toda la información BIM del proyecto sin necesidad de preocuparse de su precisión. En la siguiente figura se puede ver un esquema de los niveles de detalle con sus características básicas.

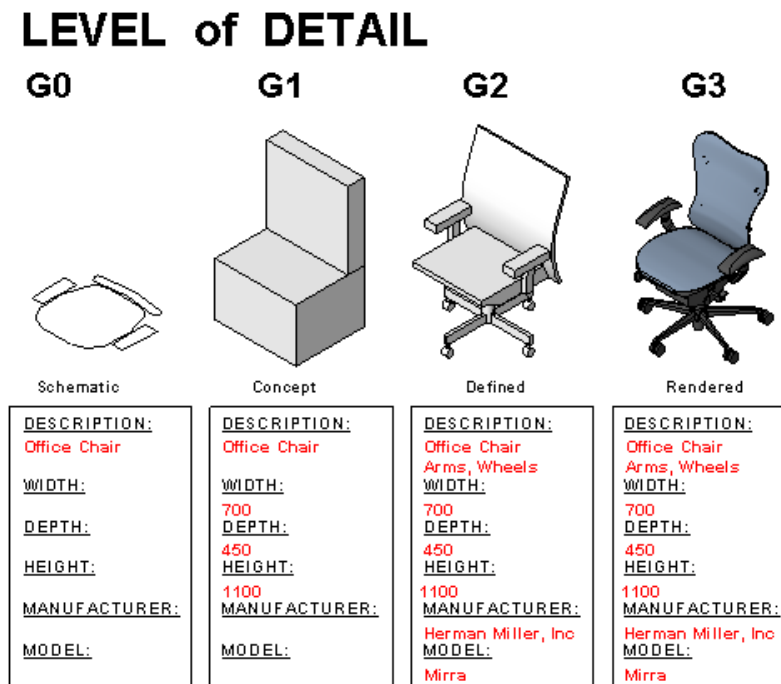


Figura 12. Niveles de Detalle

Fuente: PracticalBIM.net

El LOD en ningún momento se refiere a la totalidad del proyecto ni tiene vinculación con el desarrollo o construcción, si no que afecta a cada elemento en particular. Por tanto, para poder decir que un modelo ha alcanzado su nivel máximo de desarrollo, todos los elementos que lo componen deben tener el nivel. No obstante, cabe la posibilidad de definir el nivel de desarrollo de elementos determinados para poder considerar que el conjunto del proyecto ha alcanzado la madurez suficiente.

El LOD aumenta a medida que avanza el proyecto. A continuación se describen los diferentes niveles LOD:

- LOD 100 Este es un tipo de nivel básico y conceptual. El elemento se representa en la ventana gráfica de una manera simbólica o genérica. Se describe básicamente su volumen, área y orientación. El elemento puede ser usado para desarrollar una estimación de costos y la duración del proyecto mediante técnicas de estimación.

- LOD 200 Se representa el elemento con sus características principales, como un objeto o ensamblaje de cantidades aproximadas. Tamaño, forma y ubicación se pueden añadir al elemento así como información no gráfica. Su información se puede utilizar del mismo modo que en el LOD 100, sin embargo se puede realizar una división en los capítulos más importantes que componen el edificio.
- LOD 300 Se representa el elemento con sus características principales, como un objeto o ensamblaje de cantidades aproximadas. Aporta información y geometría precisa pero todavía pendiente de algún detalle constructivo no completo. El elemento puede utilizarse para mostrar la apariencia ordenada de los elementos principales y para la coordinación con otros elementos pero no para el cálculo de costos ni para el rendimiento de sistemas seleccionados.
- LOD 400 En este nivel se añade la fabricación en montaje, la información de la instalación y la información no gráfica debe estar incluida. Toda la información necesaria para el montaje es aportada en este nivel y los costos añadidos se basan en el costo real del elemento modelo en la compra. El elemento puede utilizarse para la coordinación con otros elementos del modelo, incluyendo la fabricación, la instalación y operaciones detalladas.
- LOD 500 Se trata del último nivel de desarrollo del modelo. El elemento modelo es una representación total del modelo real, en cuanto a tamaño, forma, ubicación, cantidad y orientación. La información gráfica ya es incluida en el modelo, y además incluye la fase de mantenimiento y explotación del edificio.

Atendiendo a estos niveles, es necesario cuestionarse qué nivel de desarrollo necesita el proyecto para poder decidir qué hay que incluir en él. El valor del trabajo irá ligado al nivel de desarrollo del mismo.

3.7 Dimensiones del BIM

Un proyecto realizado en BIM tiene un ciclo de vida extenso que acompaña todas las etapas por las que pasa un proyecto real. Por ello, este ciclo puede dividirse en siete fases diferentes a las cuales en el mundo del BIM se les conoce como dimensiones, las cuales se describen a continuación:

- 1D y 2D. En estas dos primeras dimensiones no se hace uso del software. Sin embargo, son desarrolladas previamente al modelado de proyecto y suponen la base del mismo. En ellas se desarrolla la idea de proyecto y se definen las condiciones necesarias para su modelado, es decir, se determina la materialidad, las cargas externas, las condiciones ambientales...etc.
- 3D. Modelling. A partir de la información generada en la fase inicial, se desarrolla el modelado 3D que servirá de base para el resto del proceso del proyecto. Se trata

no sólo de una representación visual, sino de un modelo que contiene toda la información del proyecto.

- 4D. Scheduling. El factor tiempo es añadido al modelado. A través de esta fase se controla la dinámica de ejecución del proyecto, y se comprende de una manera global y por fases de proyecto, realizando simulaciones rápidas y eficientes.
- 5D. Estimating. Comprende el control de costes y estimación de gastos de proyecto. El principal objetivo de esta dimensión es mejorar la rentabilidad del proyecto. Es habitual combinar en esta dimensión otros softwares, y así llevar un control completo de lo que supone una de las partes más importantes del proyecto.
- 6D. Sustainability. Esta dimensión también es conocida como "Green BIM" o en castellano BIM verde. A través de esta sexta dimensión se puede conocer el comportamiento del edificio antes de que sea construido, lo que permite la toma de decisiones previas a la construcción del edificio. Como su nombre indica, está relacionada con la sostenibilidad del edificio, es decir, la energía que genera, los materiales empleados y su comportamiento...etc.
- 7D. Facility Management Applications. Se puede decir que esta dimensión equivale al manual de instrucciones a seguir durante la vida útil del edificio; para el uso y mantenimiento del mismo. Las inspecciones, reparaciones, mantenimientos...etc. harán uso de esta séptima dimensión.



Figura 13. Dimensiones del BIM

Fuente: <http://www.bimbarcelona.com/bim-es-el-presente-no-el-futuro/>

4 METODOLOGÍA BIM

Cada una de las fases de un proyecto de edificación está definida en la ley española, así como la documentación exigida en cada una de las fases. En base a esto, se va a establecer la delimitación del BIM en la fase de proyecto, construcción y mantenimiento. La ley diferencia las siguientes fases:

- Estudio previo
- Anteproyecto
- Proyecto Básico
- Proyecto de Ejecución
- Proyecto ejecutado, "As built"
- Mantenimiento

Atendiendo a estas fases, a continuación vamos a definir el BIM en la fase de proyecto, la cual comprende desde el estudio previo hasta el proyecto de ejecución. Para ello se entiende proyecto de ejecución como la parte necesaria de diseño y representación del edificio, para que pueda ser construido. Posteriormente, veremos el BIM en la fase de construcción la que correspondería según la ley a la parte de dirección de la obra, liquidación y recepción. Y por último pero no menos importante, el BIM en la fase de mantenimiento, la cual correspondería al resto de la etapa de vida útil del edificio.

4.1 BIM en la fase de proyecto

Para poder hablar del BIM en esta primera fase, es necesario dividirla en tres partes; una primera fase de diseño arquitectónico, una fase de diseño de instalaciones y una última fase de diseño estructural. Estas tres partes son muy diferentes entre sí, no obstante requieren una compatibilidad entre ellas para poder obtener tanto el modelo virtual como el producto final y que cumpla con la legislación y la normativa. Para ello, definiremos una serie de conceptos generales que servirán para desarrollar la metodología BIM.

En primer lugar, un modelo paramétrico es una representación en tres dimensiones, en la que cada uno de sus elementos poseen ciertos parámetros, definiciones o características que describen su funcionamiento. En él se describen las relaciones entre los diferentes parámetros que componen el objeto. Estos elementos y los modelos deben cumplir los siguientes requisitos:

- Ser un modelo digital
- Ser un modelo tridimensional
- Poseer elementos paramétricos, fácilmente identificables medibles, fácilmente entendibles y accesibles a todos los agentes

El segundo concepto importante es la interoperabilidad. Su definición radica en la posibilidad de compartir información entre los involucrados en un proceso BIM. Esta es la característica del BIM mediante la cual, distintas disciplinas son capaces de trabajar e involucrarse en un mismo modelo paramétrico. Es necesario una buena comunicación entre las distintas disciplinas y un correcto flujo de información para que la

interoperabilidad pueda llevarse a cabo. A nivel profesional, existen varias opciones para obtener una buena interoperabilidad:

- Emplear un software del mismo fabricante
- Emplear un software que soporte un estándar abierto
- Emplear aplicaciones de intercambio de información

Y en tercer lugar, destacamos un pilar fundamental de esta metodología, la comunicación. Estudios demuestran que el gran problema de los proyectos de arquitectura se basa en la falta de comunicación de los profesionales en el desarrollo de los proyectos. Las indefiniciones de los proyectos están provocadas por un fallo de comunicación entre los profesionales que componen el equipo de trabajo y más aún cuando intervienen diferentes empresas, como es lo habitual. Como ya se ha comentado en los capítulos anteriores, la metodología BIM surge como una posible mejora de estos fallos frecuentes de mala comunicación.

Por último, cabe destacar el concepto de integración. Esta integración se ve plasmada en un único modelo general sobre el cual trabajan todas las disciplinas. Este modelo general, puede ser subdividido en varios modelos según la disciplina de trabajo, sin embargo, forma parte de la integridad de un modelo que engloba toda la información. Por ello, es condición indispensable que al importar todos los modelos particulares, todos ellos encajen y funcionen a la perfección.

4.1.1 Diseño arquitectónico

Esta es una de las primeras fases que encontramos en BIM. Esta fase corresponde a la representación espacial del objeto y es un punto de partida de gran importancia ya que supone la referencia de la cual parten el resto de modelos. Esta primera fase se puede dividir en dos partes; la preparación del modelo y posteriormente el modelado.

1. Preparación del modelo

Siguiendo una secuencia lógica de modelado, el primer paso parte de establecer un sistema de coordenadas positivas sobre la cual se asentará el edificio. A continuación y partiendo de este sistema se realiza una división del edificio en niveles. Cada edificio se suele modelar por niveles que se ajustan a las alturas de las plantas, entreplantas y cubiertas.

Por último, cabría especificar los requisitos del modelo BIM, los cuales se establecen al inicio y deben ser tenidos en cuenta durante todo el desarrollo del proyecto. Estos requisitos pueden ser; limitaciones de presupuesto, exigencias de tamaño o forma, aislamiento acústico, cargas, superficies útiles de cada espacio, seguridad y calidad...etc. Estos requisitos tienen relación con la planificación o gestión del proyecto, por lo que la metodología BIM sugiere que ésta se haga en los inicios de proyecto para un mayor ahorro de tiempo y errores futuros.

2. Modelado 3D

Al iniciar el modelado del proyecto, cabe destacar una primera fase de diseño preliminar, en la cual se desarrollan diferentes soluciones de proyecto. Cada una de las alternativas contiene los requisitos prefijados con anterioridad del proyecto y así poder contrastar las diferentes soluciones propuestas.

Este modelo preliminar servirá como esquema para poder marcar los requisitos establecidos y desarrollar con mayor profundidad el modelado 3D del proyecto. En esta primera parte, se describen muros y según el caso ventanas simplificadas. Además, se hace uso del comando espacio o zona delimitando mediante ambos elementos, las diferentes habitaciones del proyecto. Así pues, se obtienen datos de superficie útil, superficie construida, área...etc.

El diseño general del proyecto corresponde a una segunda parte del modelado. En esta fase, se describe con mayor profundidad las propuestas iniciales que se desarrollan hasta obtener el diseño final. Esta fase corresponde a lo que llamamos proyecto básico, del cual se pueden extraer documentos necesarios para poder obtener la licencia municipal, pero todavía son insuficientes para construir el edificio.

Una vez quedan finalizadas las dos primeras fases anteriormente descritas, se procede a la parte más importante de diseño pormenorizado del proyecto. En esta fase se desarrolla cada elemento con profundidad, incluyendo los datos aportados por el contratista o constructor, y se utilizan para desarrollar datos de presupuestos y mediciones, de memoria de proyecto, de mantenimiento....etc. Esta fase es de vital importancia en el proyecto, por tanto se va a describir con mayor profundidad el proceso de modelado de los elementos.

Todos los elementos del modelado a continuación descritos, se encuentran en cada programa que integre el BIM, no obstante, las figuras a continuación mostradas para mayor detalle se corresponden con el programa REVIT, objeto de trabajo de este TFG.

Ya que hay un gran número de elementos que componen el modelo 3D, se describen a continuación aquellos de mayor importancia.

- Muros. Se puede diferenciar entre muros exteriores y muros interiores. En función del tipo de muro, el arquitecto deberá definir su función, la materialidad, las capas que lo constituyen y todas las propiedades requeridas para definirlo en el modelo. Los muros pueden ligarse a cada nivel de manera que los cambios se puedan producir de manera automática. Además, habrá que coaccionar los espacios establecidos inicialmente en el proyecto a los muros descritos, para que puedan actualizarse con las modificaciones del

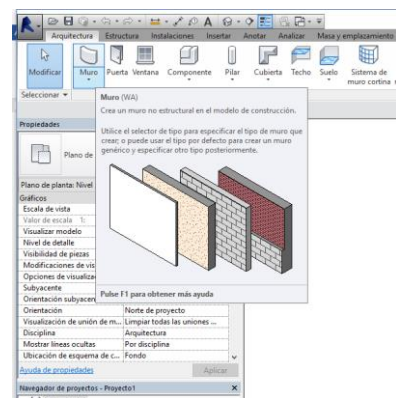


Figura 14. Herramienta muro en REVIT
Fuente: elaboración propia

proyecto. No obstante, este último paso no es necesario ya que según cada software se realiza de manera automática.

- Suelo. Esta herramienta se puede usar para modelar tanto losas de cimentación, como forjados de planta o cubierta. Normalmente se define el tipo de suelo, así como sus propiedades para que puedan diferenciarse en el modelo. Los suelos se modelan por niveles, quedando enrasados inferiormente con estos.

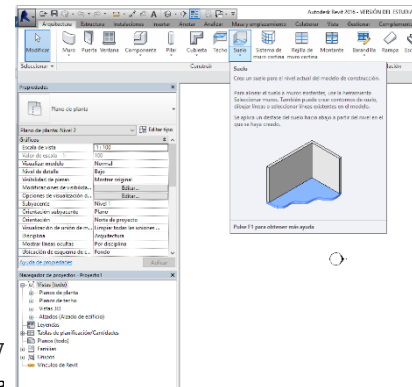


Figura 15. Herramienta suelo en REVIT
Fuente: Elaboración propia

- Puertas y ventanas. Son elementos que depende de otro elemento, como son los muros, a los cuales se les llama "anfitrión". Se definen por tipos, y se define la información de los elementos que las conforman, marcos, herrajes, vidrios...etc.

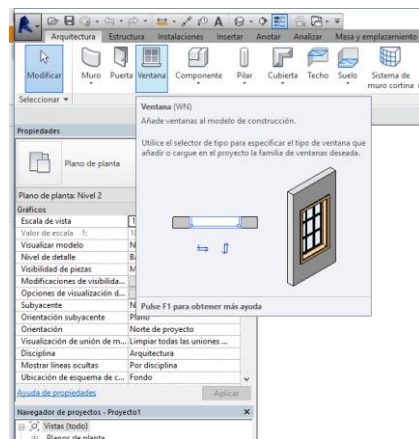


Figura 17. Herramienta ventana en REVIT
Fuente: Elaboración propia

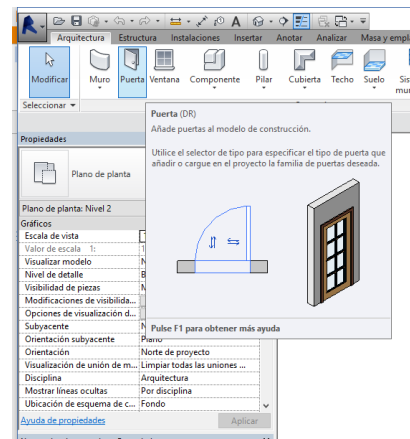


Figura 16. Herramienta Puerta
Fuente: Elaboración propia

- Muros cortina y otro tipo de fachadas. Se modelan de una manera similar a los muros normales, no obstante, hay programas que incorporan la herramienta específica de muro cortina, como es el Revit. Los muros, cortina quedan constituidos por paneles y montantes cambiables por otro tipo de familias.

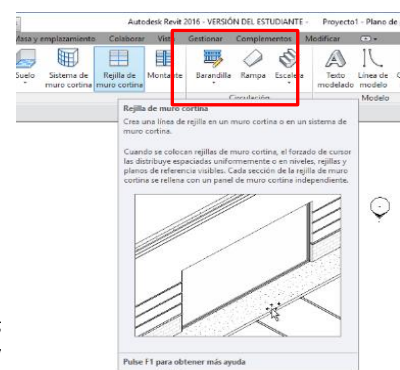
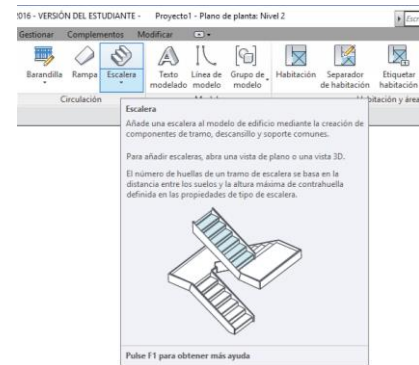


Figura 18. Herramientas para modelar muros cortina en REVIT
Fuente: Elaboración propia

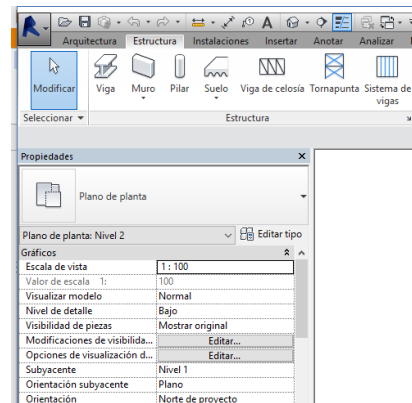
- Escaleras. Son elementos que pueden ser modelados de dos maneras diferentes, por componente o por boceto. En la forma por componente, la escalera es concebida por tramos y descansillos mientras que la segunda modela mediante líneas que más tarde conformaran la escalera. Las escaleras se modelan por plantas de forma separada.

Figura 19. Herramienta para modelar escaleras en REVIT
Fuente: Elaboración propia



- Vigas y pilares. La estructura es la parte indispensable para levantar el proyecto. Por esta razón, es importante que las uniones entre vigas y elementos del boceto se realicen correctamente para futuros análisis en el modelo.

Figura 20. Herramienta para modelar pilares en REVIT
Fuente: Elaboración propia



- Otros elementos. El resto de los elementos que componen el modelo se deberán modelar mediante su herramienta correspondiente. Si no hubiera una herramienta determinada, se tendría que modelar mediante la herramienta masa.

4.1.2 Diseño de instalaciones

Dentro del BIM, el diseño de las instalaciones corresponde a un apartado denominado MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing) que traducido al castellano significa la posibilidad de diseñar sistemas mecánicos, eléctricos y de fontanería conjuntamente. Cada rama de instalaciones tiene sus sistemas y subsistemas y los elementos de cada una de ellas se modelan de forma independiente, sin permitir solapes de elementos de distintas áreas. Sin embargo, a pesar de tratarse de otra rama del modelo, las instalaciones tendrán que ajustarse en todo momento al modelado arquitectónico.

El diseño de las instalaciones se puede dividir al mismo tiempo en dos partes, una primera parte de diseño esquemático y una segunda de diseño detallado.

- *Diseño esquemático.*

Este diseño corresponde a la determinación de las variables y las características de la instalación que puedan ser condicionantes en el diseño arquitectónico. En esta fase se evaluarán las condiciones del edificio y las variables que presenta que sean importantes a la hora de realizar el diseño de las instalaciones. Aunque en esta primera parte no sea

necesario el empleo del BIM, ya que se limita a la generación de los esquemas, la generación de datos tendrá que ser suficiente para ayudar a los diseñadores del proyecto a encajar las instalaciones de manera integrada.

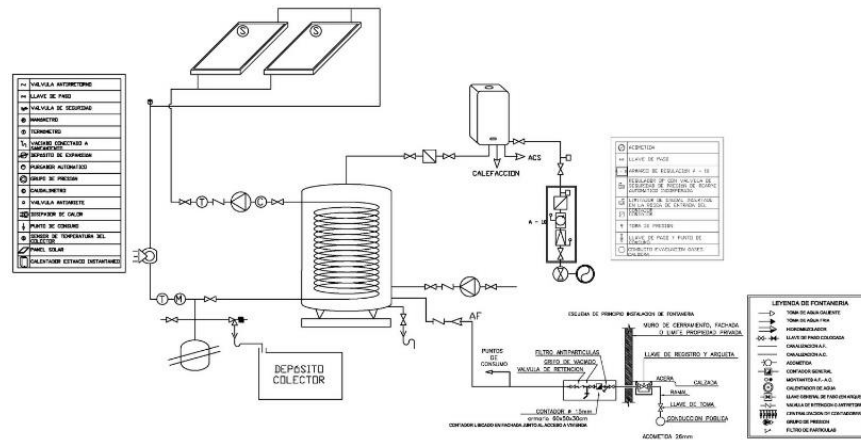


Figura 21. Esquema de instalaciones
Fuente: arquitecturaingenieriaconstruccion.blogspot.com

- Diseño detallado

Una vez conocida con detalle la información arquitectónica y estructural, se lleva a cabo la elaboración de los distintos tipos de instalaciones y de sus elementos para su posterior análisis. Por consiguiente, se procede a modelar en el software los diferentes sistemas de instalaciones.

Por norma general, la modelización de las instalaciones se realiza en diferentes archivos BIM que se corresponden con cada una de las tres ramas de instalaciones, mecánica, eléctrica y de fontanería. De esta manera, cada uno de los archivos puede ser referenciado en el BIM arquitectónico o estructural para poder comprobar su compatibilidad con el modelo general de manera independiente.

Dentro de cada sistema existen subsistemas que deberán ser comprobados también con independencia, asegurándose el correcto funcionamiento global en el modelo principal. Por ejemplo, un edificio con calefacción central contiene un sistema de producción y distribución general y un sistema de derivaciones individuales a cada vivienda. Los circuitos que encontrásemos dentro de la vivienda se corresponderían con un subsistema.

Por tanto, cada sistema y subsistema tendrá que ser modelado con precisión y con detalle suficiente para que el software pueda hacer los análisis de manera correcta. Además, es recomendable la utilización de aplicaciones independientes para verificar que los modelos funcionan a la perfección.

Del mismo modo que se ha visto en el diseño arquitectónico, cada elemento se modela con una herramienta independiente, y cada elemento tendrá unas características particulares que deberán ser definidas en su paleta de propiedades.

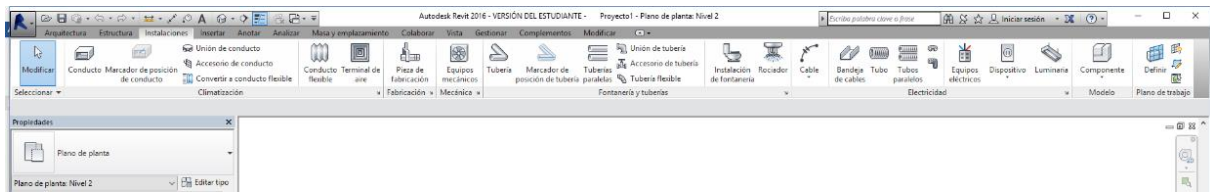


Figura 22. Paleta de herramientas de instalaciones en REVIT

Fuente: Elaboración propia

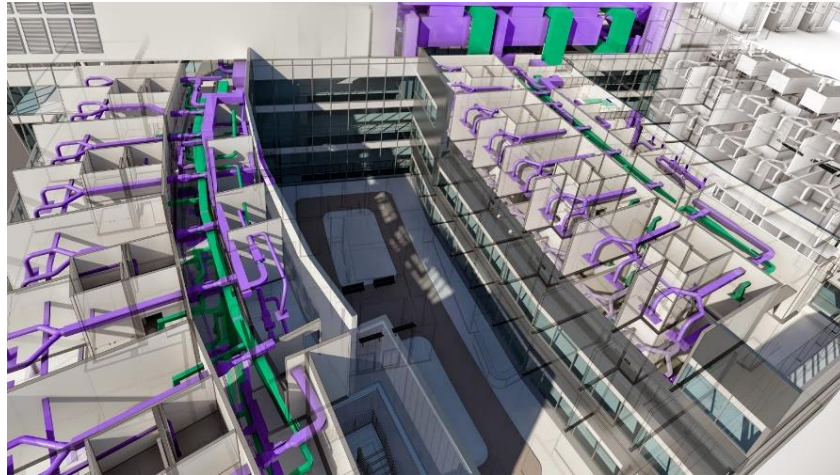


Figura 23. Instalaciones en edificio realizadas en BIM

Fuente: Costos educa

Análisis de las instalaciones

Con frecuencia, en los proyectos el coste final de la obra no sea el establecido inicialmente y esto es debido, frecuentemente a que no se tienen en cuenta la integración de las instalaciones en el proyecto. En consecuencia, se obtienen unas instalaciones mal integradas con la arquitectura y la estructura del edificio.

Ante este problema, la metodología BIM, sugiere la integración del diseñador de instalaciones desde la primera fase de proyecto. Mediante su integración, el arquitecto y el encargado de instalaciones trabajan conjuntamente en las diversas soluciones posibles pudiendo incluirlas en el software y así evitar analizar el proyecto de manera global. Esto ayuda a comparar las diferentes propuestas comparándolas y determinando cual de todas se va a desarrollar.

El análisis de las instalaciones se puede hacer durante todo el proceso de proyecto, verificando al final del proyecto que se cumplen los requisitos establecidos inicialmente. Dentro de la metodología BIM podemos encontrar diferentes análisis de las instalaciones, entre los cuales podemos destacar:

- Análisis CFD (Computational Fluid Dynamics), que analizan los flujos de calor dentro del edificio. Este tipo de análisis nos informa de los gradientes de energía dentro del edificio, del bienestar alcanzado, el nivel de ventilación....etc. Este análisis se basa en el modelo BIM arquitectónico y son de mucha utilidad para una correcta elección de los sistemas de instalaciones.

- Análisis de las instalaciones y del ciclo de vida. Este segundo análisis nos aporta información sobre el nivel de energía del edificio, que nos será útil para modificar otros aspectos tales como, el número de huecos, el tipo de cerramiento...etc. Además informa sobre los costes del mantenimiento y sobre la relación entre la calidad y confort adquirida en el proyecto.
- Análisis de iluminación. Este análisis se lleva a cabo mediante cálculos y simulaciones de la iluminación. Para ello se informa sobre el grado de luminancia de las luminarias propuestas en proyecto y se simula la luz natural y las proyectadas analizando las propiedades ópticas de los materiales y la luz de manera global del proyecto. Para que este análisis sea preciso, es necesario el modelado del mobiliario interior y poder así ver su respuesta ante la luz.
- Análisis general. Se suele realizar con el modelo BIM el análisis global de todo lo referente a las instalaciones, para controlar el coste económico y el cumplimiento de los requisitos, tanto los impuestos en el modelo BIM como los que exige la normativa.

4.1.3 Diseño estructural

El diseño estructural se corresponde a todos los elementos portantes del edificio que contribuyen a la estabilidad del edificio. Por tanto, se deben modelar todos aquellos elementos que formen parte de la estructura y contribuyan con esta.

El diseño de la estructura debe resultar acorde con la arquitectura del proyecto, por consiguiente se suele emplear el mismo sistema de coordenadas. Inicialmente el arquitecto realiza un esquema 2D de la estructura que pretende emplear, y posteriormente el calculista lo desarrolla en profundidad, aunque este proceso se puede realizar también a la inversa.

Una vez pensada la estructura a emplear, cada elemento que la compone se modelará al igual que en la parte arquitectónica o de instalaciones, mediante sus correspondientes herramientas. Habitualmente el modelado se realiza por niveles, de manera que cada uno contenga información sobre los pilares, vigas y forjados que le correspondan.

Atendiendo al tipo de cálculos necesarios, el nivel de detalle podrá ser mayor o menor y es habitual que al desarrollo de la estructura en BIM vayan asociados cálculos mediante programas complementarios.

Del mismo modo que se puede dividir el diseño arquitectónico y de instalaciones en diferentes pasos, también cabe dividir el diseño estructural en las siguientes fases:

- 1ª fase: Anteproyecto. Corresponde a la etapa de propuestas esquemáticas estructurales, en la cual el calculista y el arquitecto analizan las diferentes propuestas posibles y su viabilidad.
- 2ª fase: Proyecto básico. Se escoge la propuesta más acorde con el modelo arquitectónico y se analiza la compatibilidad estructural con el resto de disciplinas, principalmente con las instalaciones.

- 3ª fase: Proyecto de ejecución. La estructura es modelizada con suficiente detalle para que pueda llevarse a cabo su construcción y previamente haya sido calculada con suficiente rigor. Los expertos en la materia recomiendan que en esta fase es conveniente unir el modelo MEP y el modelo estructural, para poder así prever los huecos necesarios e insertarlos en el BIM estructural. De este modo, los cálculos estructurales incorporarán los huecos necesarios para el paso de instalaciones y se ajustarán con mayor rigor a la estructura real.
- 4ª fase: Proyecto de detalle. Como su nombre indica en esta fase se detallan los elementos constructivos necesarios para una mejor comprensión de la estructura y para verificar el comportamiento planteado en las primeras fases.
- 5ª fase: Como construido o "As built". Es la fase final del modelado, el cual se lleva a cabo hasta su máxima definición mostrando un resultado acabado y muy próximo al futuro modelo construido.

Las tres etapas descritas anteriormente, arquitectónica, de instalaciones y estructural, incorporan esta última fase denominada "As built", mediante la cual el edificio es representado con su máxima realidad. El objetivo de esta fase es dotar al propietario de la información necesaria y suficiente para conocer el edificio a la perfección y para fases futuras de mantenimiento y demolición del mismo.

Obtener representaciones y visualizaciones del proyecto necesarias para la construcción y entendimiento del proyecto de manera real es uno de los principales objetivos del BIM. Estas visualizaciones nos muestran la arquitectura del proyecto y nos permiten conocerlo de manera global, pero al mismo tiempo contienen una visión más técnica, la cual nos informa del funcionamiento y disposición de todos los elementos necesarios para su funcionamiento. Además, mediciones y presupuestos pueden ser extraídos del modelo BIM, el cual nos permitirá ahorro de cantidades y previsiones de costes de proyecto.

En resumen, la primera fase previa de proyecto es importantísima en todas sus escalas. Por tanto, un preciso y correcto desarrollo del modelo BIM es necesario para su construcción y mantenimiento, además de que facilitará la toma de decisiones ante cualquier cambio posterior.

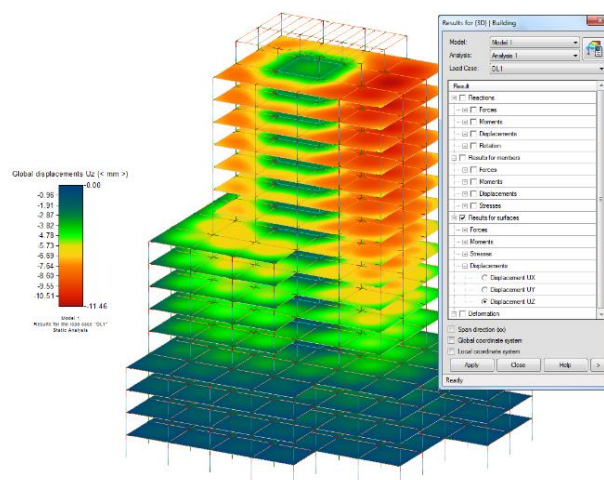


Figura 24. Análisis estructural en REVIT

Fuente: <https://apps.autodesk.com/RVT/en/Detail/Index?id=599090647232782353&appLang=en&os=Win64>

4.2 BIM en la fase de construcción

Habitualmente entre los profesionales se tiende a pensar que el proceso de proyecto termina una vez se haya generado toda la documentación gráfica necesaria para poder levantar el edificio así como que la fase de construcción seguirá un orden lógico establecido inicialmente. En esta parte del proyecto, se supone que todos los agentes desempeñaran su trabajo de manera correcta y que toda la obra seguirá un ritmo fluido y en concordancia con lo establecido. No obstante, la planificación de las fases y los tiempos de construcción son fundamentales para evitar retrasos en los tiempos y ahorro en los costes de proyecto.

Los cambios en costes de proyecto así como los tiempos están relacionados entre sí, siendo el 90% de los proyectos los que sufren estas desviaciones según la siguiente tabla.

Proportion of projects	Time overrun	Cost overrun
> 90%	2.9%	4.4%
60 - 90%	1.5%	7.4%
40 - 60%	8.8%	11.8%
10 - 40%	48.5%	35.3%
< 10%	38.2%	41.2%

Tabla 1. Proporción de Proyectos que sufren desviaciones en tiempos y costes

Fuente: YA Olawale, MCIOB and Ming Sun, Ph.D. (Professor)

Atendiendo a los datos proporcionados en la tabla, es alarmante el número de proyectos que sufren variaciones respecto a la planificación inicial, por ello el BIM surge como una herramienta que puede ayudar a la mejora en la planificación de proyectos y a reducir estas alarmantes cifras.

El modelo BIM desarrollado en la fase previa de proyecto, es la base sobre la cual trabajarán los profesionales de la construcción, apoyándose en él como fuente de datos para la ejecución, las contrataciones y las licitaciones. Así mismo, se utilizará para la extracción de cantidades de material, para realizar presupuestos y para la planificación de todos los agentes que vayan a participar durante esta etapa.

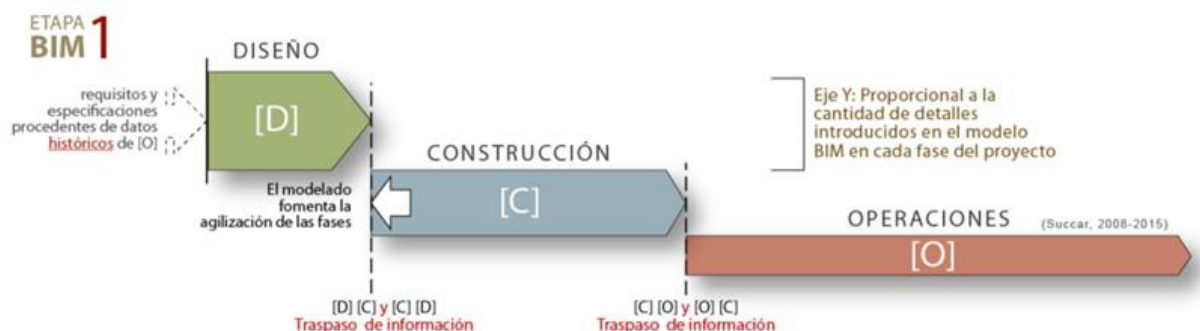


Figura 25. Esquema de la presencia del BIM en el proceso de proyecto

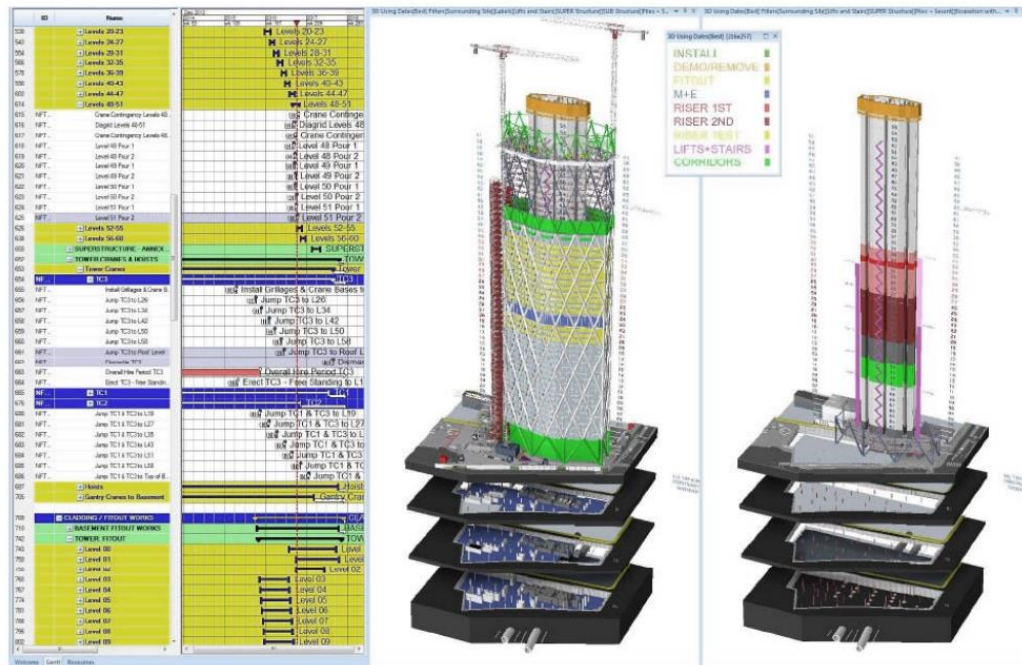
Fuente: espacio Lean BIM, construcción colaborativa

Los modelos deberán ser revisados por los constructores para evitar así errores posteriores, y los cambios añadidos deberán ser actualizados en el modelo. El modelo BIM no supondrá la sustitución de información necesaria en esta fase, si no que servirá de apoyo y complemento a la gestión de la obra en tiempo real.

Los cambios durante el proceso de construcción son habituales, por lo que las modificaciones en la documentación suponen excesos de tiempo y la difusión de esta información es a veces costosa y lenta. Estos cambios en los planos también deben actualizarse en el modelo BIM, el cual ayudará a agilizar este proceso y a reducir el número de errores y modificaciones.

El objetivo principal del uso del BIM en esta fase es el de una mejora en la planificación. Este parte del BIM es llamada BIM 4D la cual integra el tiempo en el proceso. Esta llamada cuarta dimensión del modelo trabaja optimizando la cadena de suministro, los plazos, y las operaciones de la obra, colocando todos estos datos en un modelado 3D visualmente entendible. La eficacia de su uso se ha visto plasmada en varios proyectos de gran envergadura, siendo uno de los más recientes en emplear esta metodología el rascacielos Shard, Londres.

La planificación en 4D suele estar dividida en fases de construcción y ajustada a un calendario, que a su vez se dividirá en construcción de instalaciones y de estructura. Las diferentes fases se pueden ver en esquemas asociados a colores (véase figura 26) que vendrán plasmados en el modelo según su situación constructiva.



*Figura 25. Esquema 4D de planificación constructiva en BIM
Fuente: AEC soluciones, bim_para_planificacion_y_pm.pdf*

Paralelamente a la planificación de obras, en esta etapa también se desarrolla el modelado de elementos de seguridad y salud, los cuales habrá que actualizar en el modelo 3D. Esto ayudará a la transmisión y entendimiento de las medidas de seguridad que se deben adoptar.

En definitiva, la planificación en BIM y su desarrollo en 4D conlleva una serie de ventajas: (Fuente AEC soluciones)

- Mejor conocimiento del proyecto, desde la pre-construcción hasta el final de la obra.
- Mejor estudio de alternativas de proyecto y construcción, con la inmediata actualización de la planificación gracias a la vinculación inteligente al modelo
- Comunicación clara y rápida
- Detección y reducción de riesgos en la planificación del proyecto.
- Ahorro de tiempo y dinero gracias al aumento de productividad
- Integración y colaboración de subcontratistas y proveedores
- Mejora del impacto medioambiental y las condiciones de seguridad y salud en la gestión de personal, materiales, espacio y recursos de equipamiento temporal
- Adjudicación de concursos y contratos gracias a una clara y rápida comunicación en la propuesta, demostrando innovación y un buen sistema para identificar y evitar riesgos.

4.3 BIM en la fase de mantenimiento

Una vez se ha finalizado la construcción del edificio, comienza la explotación del mismo y la duración de su vida útil va a depender de múltiples factores entre los cuales toma especial importancia su mantenimiento. La parte del BIM que se encarga del mantenimiento y funcionamiento del edificio se conoce como "Facility management" o gestión de instalaciones en castellano.

Para poder explotar las ventajas que supone utilizar el BIM en esta fase, es fundamental que las fases de diseño y modelado se hayan llevado a cabo correctamente y en consecuencia tener el modelo virtual bien construido con la adecuada información. Esta fase está basada en los modelos "As built" generados al finalizar la obra y que aportan información acerca del funcionamiento del edificio y de los sistemas y su mantenimiento.

BIM proporciona un modelo virtual en el que visualizar el edificio al completo y que ayudará a la toma de decisiones considerando un entorno real. Por ejemplo, en el caso que se quiera reparar unos conductos de fontanería en un edificio de oficinas, en primer lugar, el modelo nos proporcionará la situación exacta de la reparación, podremos saber la cantidad de tabique que será necesario retirar y que espacio libre existirá para poder intervenir. Además, tendremos de forma directa el presupuesto y coste de la reparación, así como las condiciones de seguridad y salud en la zona de intervención.

Entre las utilidades principales que aporta el “Facility management”, se puede destacar las siguientes; la gestión de los servicios de limpieza, la gestión de los técnicos, la gestión de los residuos del edificio así como la gestión de la propiedad, mantenimiento, generación de documentos, presupuestos...etc.

El objetivo principal de esta fase es tener el control sobre el edificio, para que el funcionamiento del mismo sea más eficiente. Para ello, es importante plantear estos objetivos desde las primeras fases de proyecto, estableciendo los requisitos en el modelo para que esta gestión sea operativa en el futuro. Sin embargo, los edificios van cambiando con el paso del tiempo y sufren modificaciones, reformas y rehabilitaciones con respecto al proyecto inicial. Por tanto, es importante una actualización periódica de los modelos durante la fase de mantenimiento.

En la siguiente figura se puede ver un esquema que muestra los factores que controla el Facility management.



Figura 26. Factores controlados por el facility management en un proyecto
Fuente: qbimquest.blogspot.com

5. PROCESO BIM vs PROCESO TRADICIONAL, CAD

El método de trabajo mediante la herramienta BIM posee muchos rasgos comunes con el método tradicional, pero también presenta notables diferencias. Estas diferencias radican principalmente en la forma de gestionar el proyecto, las herramientas empleadas y las fases del proceso.

El empleo de la metodología BIM requiere una planificación de proyecto mucho más exhaustiva que la forma tradicional, y en caso de no realizar esta planificación la eficacia del BIM no sería óptima. Para analizar las ventajas e inconvenientes de ambas formas de trabajo, se emplea la PMBOK guide, la guía para la gestión de proyectos elaborada por el Instituto Newton Square en Pennsylvania, EE.UU.

5.1 El método tradicional

De acuerdo con la PMBOK guide, la gestión de proyectos es una tarea integradora, de forma que un cambio en una parte del proyecto puede afectar al resto de las partes. Por ejemplo, una modificación en la estructura del proyecto, afecta tanto a la distribución como al diseño de las instalaciones y a todo el proyecto en general, generando cambios en los costes del proyecto y desfases en los tiempos programados.

Por tanto, es importante entender la gestión de proyectos como una tarea integradora, donde es fundamental las interacciones o relaciones que existen entre los diferentes procesos.

Como se ha visto en los capítulos anteriores, en la realización de un proyecto se siguen diferentes fases. La fase de diseño, la fase de ejecución, la fase de licitación o mantenimiento y todas las sub fases que sean necesarias, van a estar presentes tanto en la metodología tradicional como en la metodología BIM. Sin embargo, la forma tradicional propone un proceso de planificación fase por fase, mientras que en el método BIM los procesos pueden ser extensibles a varias fases.

Hace apenas 30 años, la forma tradicional de trabajo hacía referencia a los dibujos ejecutados en papel y lápiz. Años más tarde, el CAD aparecía como una revolución mejorando notablemente la efectividad del trabajo de los arquitectos y en la actualidad se le conoce ya como la metodología tradicional, quedando el papel y lápiz totalmente desfasados.

En el método tradicional o CAD, cada uno de los agentes que intervienen en el proyecto (arquitectos, ingenieros, ingenieros de instalaciones) trabaja de forma individual mediante dibujos 2D y solo de aquellas partes de las que son responsables, lo que supone una falta de coordinación en el proyecto. En la mayoría de casos, la corta comunicación entre ellos conlleva errores de proyecto, que sin embargo, bajo una comunicación efectiva y un intercambio de información constante, estos errores podrían preverse previamente a la construcción del edificio.

5.2 El método BIM

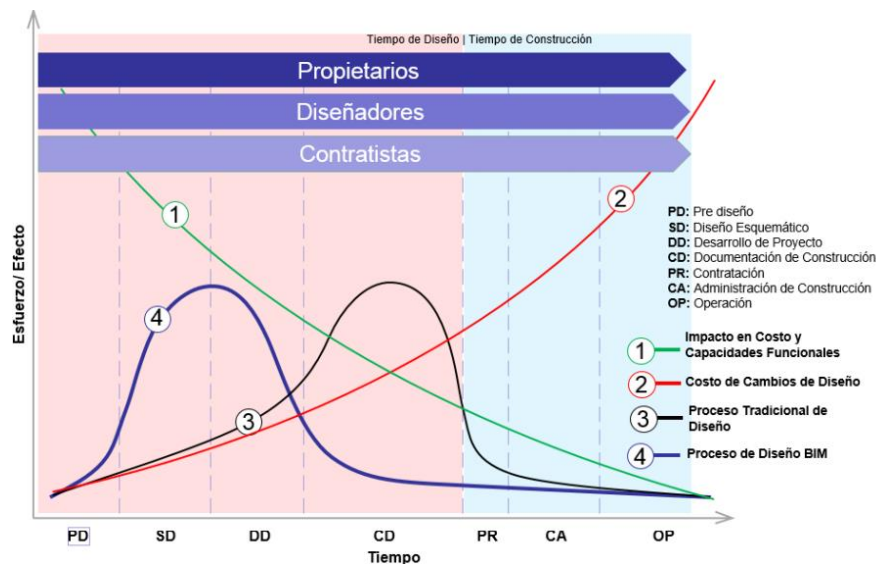
La metodología BIM parte de un modelo de información sobre el que trabajan todos los agentes involucrados en el proyecto. Mediante dicho modelo se podrán analizar, planificar o gestionar todas las tareas del proyecto, el coste, la viabilidad...etc.

Al igual que en la metodología tradicional, cualquier cambio que se realice en el proyecto afecta a todas las disciplinas, sin embargo, la diferencia radica en que las modificaciones en el modelo se realizan de forma instantánea e integrada. Esto supone una reducción importante de errores y de fallos en la programación de los tiempos.

Al igual que ocurre en la metodología tradicional, el proceso de proyecto mediante BIM se divide en fases. No obstante, todos los procesos se planifican con anterioridad, de tal

manera que las tareas se realizan en base a un plan establecido. Las diferentes disciplinas trabajan también de manera independiente, pero en relación a un mismo modelo base común a todos.

En la metodología BIM cobra especial importancia la fase de diseño, ya que las fases de generación de documentación para la construcción son generadas rápidamente por los diferentes softwares, reduciendo así el número de cambios a realizar. En la figura 28 se compara el proceso de diseño en las dos metodologías.



*Figura 27. Procesos de diseño tradicional vs Procesos de diseño mediante BIM
Fuente: Gráfico realizado por Patrick McLeamy, arquitecto estadounidense*

5.3 Ventajas del uso del BIM sobre CAD

Al inicio de este TFG se expuso la implantación del BIM tanto en el ámbito internacional como en el nacional, destacando el creciente interés de los profesionales por este nuevo software. Esto es debido a las múltiples ventajas que presenta el BIM con respecto al modelo tradicional, algunas de las cuales se enumeran a continuación:

- Ahorro de tiempo

El dibujo en 2D en CAD supone la creación de múltiples líneas y poli líneas en diferentes vistas hasta alcanzar el entendimiento de los proyectos. Por otro lado, BIM hace uso de objetos inteligentes que contienen información acerca de sus características constructivas y son creados en 2D y 3D simultáneamente. Esto se traduce en un ahorro de tiempo en la generación de planos y la creación del modelo.

- Mayor rapidez y facilidad de comprensión

Mediante la metodología BIM resulta más sencillo y rápido la generación de modelos tridimensionales de los edificios por mucha complejidad que presenten. El modelado permite controlar en todo momento la visualización espacial del edificio mediante el uso

del BIM. Gracias a esto, los profesionales serán capaces de generar modelos complejos mucho más fácilmente que mediante CAD.

La extensa cantidad de información en el modelado 3D en BIM permite renderizar los diseños con cierto grado de realismo, haciendo los diseños de los proyectos más entendibles para aquellos que no tengan los conocimientos técnicos. Asimismo, permiten la rápida generación de múltiples alternativas de diseño en donde los diseñadores pueden manipular eficientemente la geometría manteniendo la coherencia del diseño.

- Integración de todas las disciplinas

En el desarrollo de un proyecto intervienen múltiples profesionales que trabajan en diferentes campos de actuación y permiten construir el edificio. En el método tradicional, el uso del CAD es común a todos ellos a la hora de definir sus detalles constructivos, no obstante no permite la comunicación directa entre los agentes que intervienen.

Por otro lado, el BIM hace uso de un modelo único sobre el cual trabajan todas las disciplinas involucradas. Por esta razón, la toma de decisiones se ha de realizar desde los comienzos del proyecto, siendo necesaria la participación de todos los profesionales en la idea del proyecto. Esto supone una notable ventaja, ya que la participación de arquitectos e ingenieros desde los inicios y su trabajo conjunto da lugar a proyectos más completos.

- Diseño integral y comunicación directa

El BIM supone la realización de un modelo único contenedor de toda la información del proyecto, sobre la cual trabajan todos los profesionales. Un cambio en el modelo se realiza de manera instantánea, lo que supone una comunicación directa entre todos los miembros del equipo. Por otro lado, la metodología tradicional, requiere la elaboración de múltiples planos según cada disciplina.

- Ahorro de costes

Gracias al modelo BIM, es posible controlar todos los factores que intervienen en el proyecto, desde maquinaria y material a emplear hasta los operarios necesarios. Por esta razón, la toma de decisiones ante los cambios propuestos permite simular las diferentes propuestas y analizar los costes que estas conllevarán. El diseño en CAD no posee esta cantidad de información, siendo más complejo la obtención de estos datos mediante programas complementarios.

5.4 Desventajas del uso del BIM sobre CAD

La costosa y lenta implantación del BIM en España puede llevar a pensar en posibles desventajas del uso de este nuevo software. No obstante, es precisamente la falta de conocimientos sobre su funcionamiento y sus ventajas, la principal razón de esta lenta implantación.

Tras el análisis de ambas metodologías se puede afirmar la superioridad del BIM ante el sistema tradicional, siendo únicamente ventajas lo que este nuevo software presenta. Al igual que ocurre con cualquier novedad que se presenta, el proceso de cambio de un sistema al otro puede ser una desventaja. En este caso todas las disciplinas de trabajo deben adherirse al cambio del software BIM, lo que supone un periodo de adaptación y cambio en la empresa que puede ralentizar la forma de trabajo. Sin embargo, esta temporal desventaja producirá a la larga mayores ventajas que mejorarán la productividad de los despachos y unos proyectos más completos.

6. ENFOQUE PRÁCTICO

VIVIENDA UNIFAMILIAR EN MASAMAGRELL

Una vez realizado el análisis teórico acerca del BIM y su creciente implantación en el sector de la construcción, se procede a la aplicación práctica de todo lo expuesto anteriormente. Así pues, a través de la práctica poder observar las múltiples ventajas que suponen el uso del BIM sobre el método tradicional.

El proyecto objeto de este análisis, es una vivienda unifamiliar entre medianeras en la localidad valenciana de Massamagrell. Las dimensiones del proyecto, el emplazamiento y el interés por la estética de la vivienda fueron los factores determinantes de mi elección, ya que se trata de una vivienda sencilla pero al mismo tiempo con cierto grado de complejidad constructiva.

Para poder llevar a cabo el proyecto en BIM, se han tenido en cuenta dos aspectos. El primero de ellos es el tiempo de ejecución de la obra, la cual comenzó pocas semanas antes del inicio del desarrollo del presente TFG. El segundo aspecto que se ha tenido en cuenta es la documentación proporcionada por los arquitectos que ha sido elaborada a través del método tradicional en CAD. Cabe destacar que en el momento de redacción de este trabajo la obra continúa en fase de ejecución.

El proyecto de ejecución sobre el que se ha desarrollado este TFG ha sido proporcionado por mi tutor Paco Juan Vidal, quien me puso en contacto con el arquitecto Jaime Chiralt realizador de la obra. Cabe destacar el interés del arquitecto por la implantación en su despacho de este nuevo software, el cual le llevó a prestar su disponibilidad en acogermme en las visitas de obra y su voluntad de formarse en BIM en un futuro cercano.

6.1 Descripción de la vivienda

La vivienda unifamiliar está situada en la localidad de Massamagrell, a 11 km de la ciudad de Valencia, y el solar cuya superficie es de aproximadamente 150 m² se ubica en la calle de la estación 11. La fachada principal vuelca a la calle peatonal y la vivienda consta de tres medianeras con otras viviendas unifamiliares. El proyecto lo promueve una pareja

la cual busca una vivienda de grandes dimensiones y con vistas de futuro de ampliar la familia, por lo que se busca de grandes espacios y amplias habitaciones.

En la siguiente tabla se muestran los parámetros urbanísticos y de proyecto.

PARÁMETROS URBANÍSTICOS NÚCLEO HIST.			
		PROYECTO	PGOU
SUPERFICIE PARCELA =		149,70 m2	> 60 m2



Figura 28. Mapa de emplazamiento del solar

Fuente: Google Earth

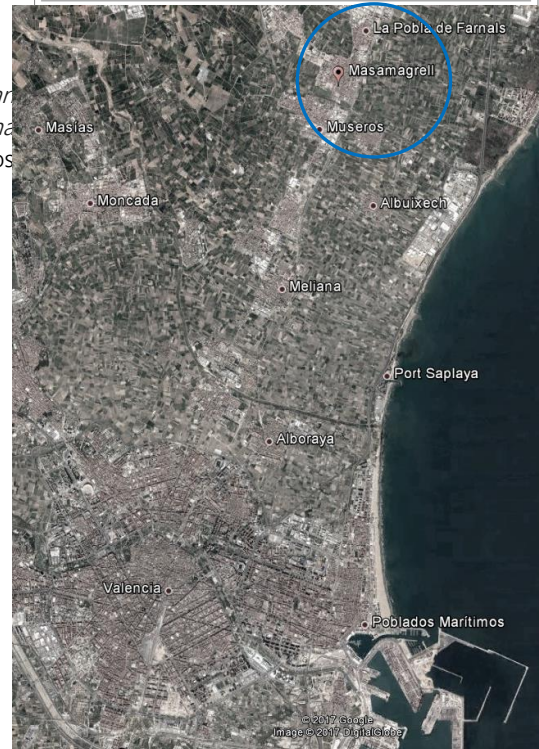


Figura 29. Mapa de situación. Fuente: Google Earth

La vivienda consta de tres alturas. La planta baja contiene el acceso principal y uno rodado que accede a un garaje particular, el cual también tiene entrada al interior de la vivienda. En el vestíbulo de entrada encontramos un baño y un pasillo que conduce al salón principal, presidido por un patio interior acristalado que separa el espacio de una amplia cocina. El patio actúa de fuente principal de luz de toda la vivienda y está presente en las tres alturas. La escalera toma gran presencia desde la entrada y a través de ella accedemos a la zona de noche de la vivienda.

En la segunda planta encontramos tres dormitorios. La escalera desembarca en un espacio iluminado por un hueco superior que da acceso a dos dormitorios individuales, un baño completo y una habitación de limpieza y lavandería. Una pequeña terraza se abre desde la habitación de limpieza al patio interior de luces. Al otro lado de la planta, la habitación principal de grandes dimensiones y equipada con baño completo recibe luz directa tanto del patio interior como de un lucernario trasero que abarca toda la línea de medianería.

Subiendo por la escalera a la tercera planta se accede a un espacio de gran altura presidido por un hueco central iluminado cenitalmente, a través del cual se accede a dos habitaciones más, un baño completo y una pequeña terraza. En el lado opuesto, una amplia terraza descubierta equipada con barbacoa y jacuzzi se han proyectado a petición expresa de los dueños.

La cubierta a dos aguas y dos limatesas cubre parcialmente la última planta dejando al descubierto la terraza con jacuzzi. En cubierta, toma presencia un lucernario superior que ilumina cenitalmente y la disposición de dos placas solares para apoyar el suministro eléctrico.

6.2 Tipología constructiva

La estructura de la vivienda está compuesta por pilares de hormigón armado de 25 x 40 cm y forjados aligerados. Cabe destacar la técnica empleada en la construcción de los forjados, en la que se han empleado cuerpos huecos estructurales a modo de encofrado perdido que conforman forjados sanitarios ventilados y aligerados.

La cimentación de la vivienda se ha realizado mediante zapatas aisladas, las cuales se presentan la mayoría como zapatas de medianería. Todas las zapatas se encuentran arriostradas a través de vigas centradoras y de atado.

La cubierta inclinada está formada por diferentes capas de aislamiento y acabada en placas de gres porcelánico de color claro. La fachada principal está compuesta por fábricas de termo arcilla revestidas de enlucido de yeso.

En el interior de la vivienda, diferentes grosores de ladrillo hueco y placas de yeso laminado forman los tabiques, todos ellos enlucidos con yeso blanco.

El suelo de la vivienda es radiante y se emplea parquet en todas las estancias a excepción del garaje, las terrazas y los baños.

En las figuras 31 y 32 se pueden ver detalles constructivos realizados por el arquitecto para una mayor comprensión acerca de las capas que conforman la cubierta y el solado de la vivienda

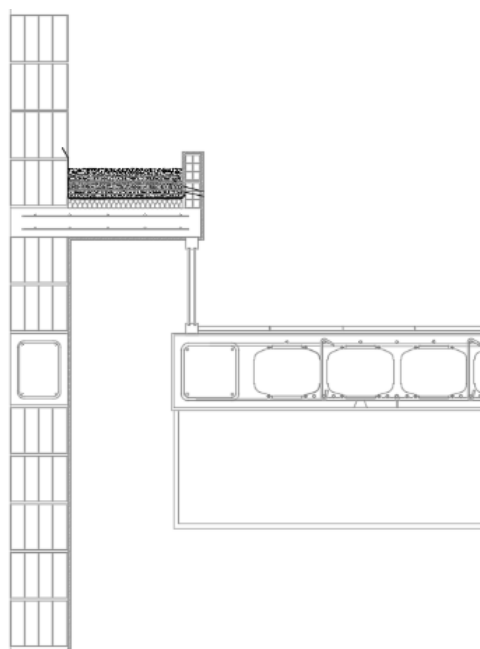


Figura 30. Detalle del forjado y solado
Fuente: Chiralt arquitectos

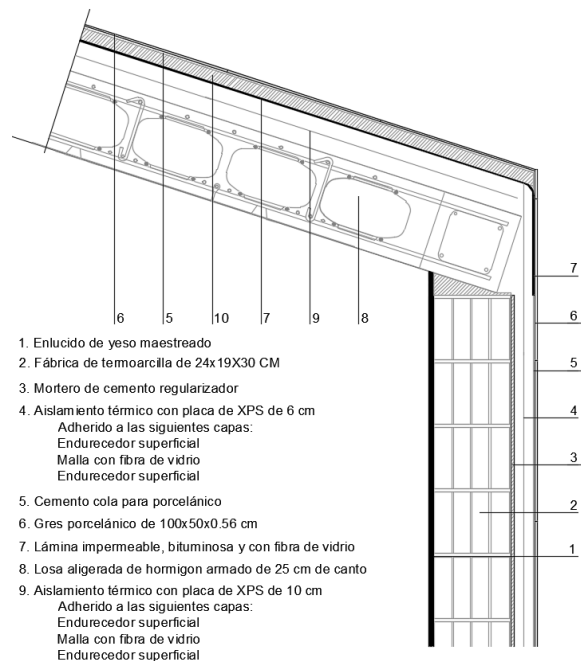


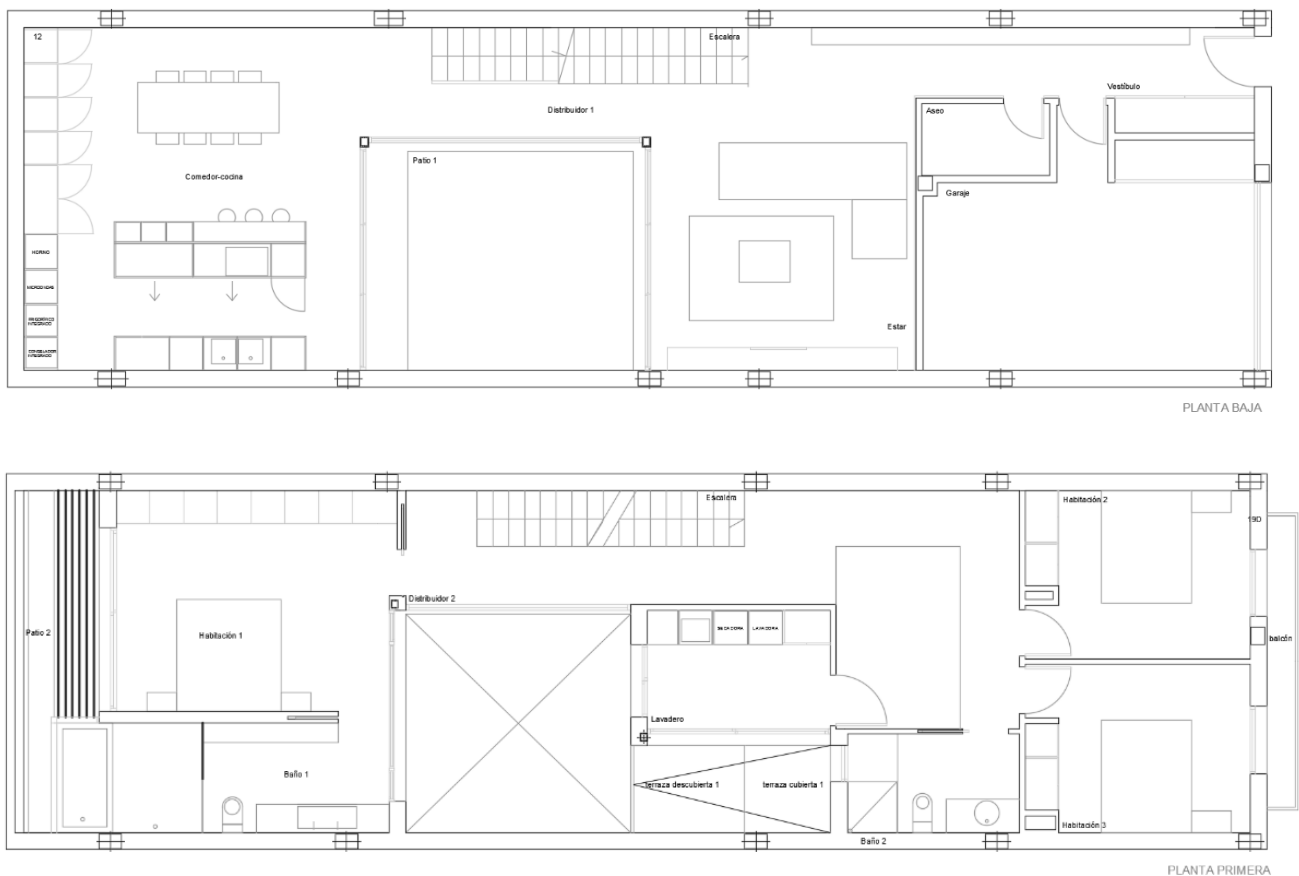
Figura 31. Detalle encuentro cubierta cerramiento
Fuente: Chiralt arquitectos

6.3 Estudio previo y planos de proyecto

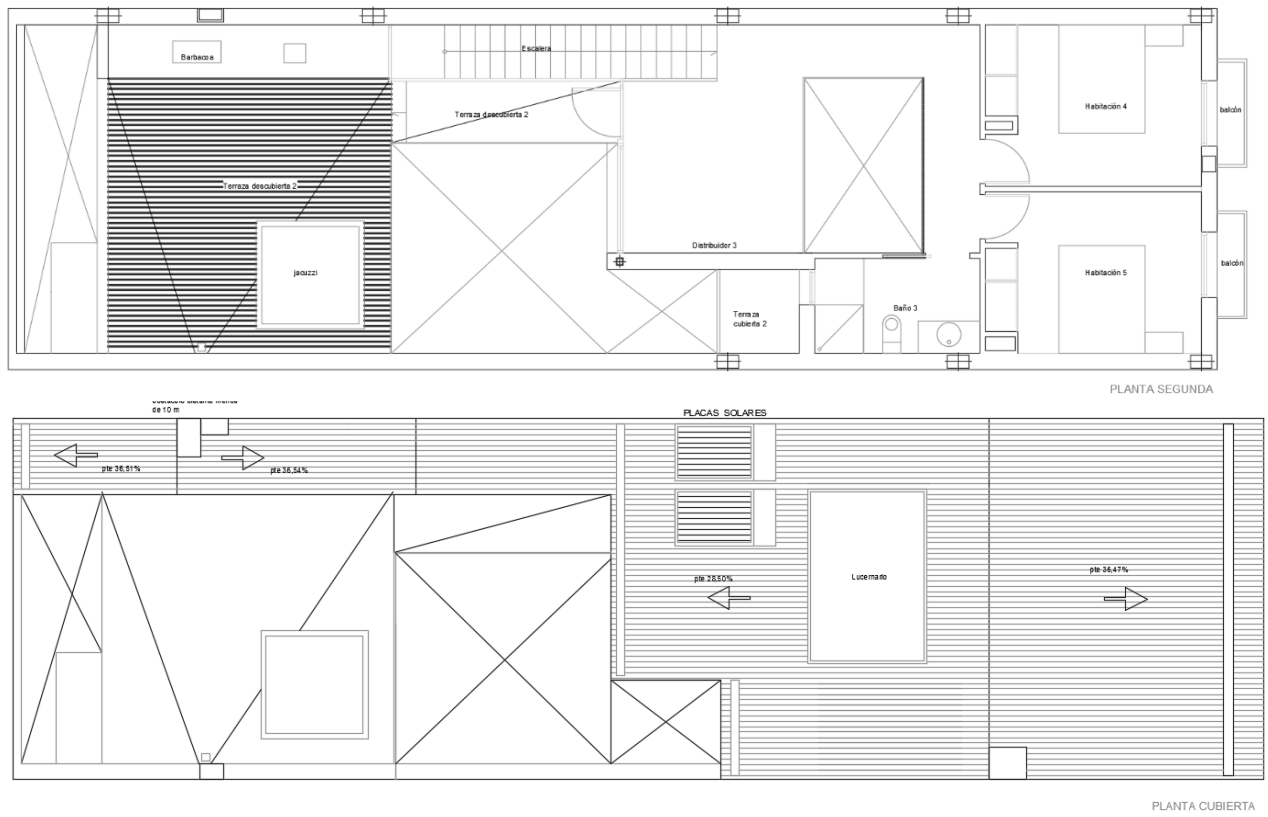
Antes de proceder a desarrollar el modelo en Revit de la vivienda objeto del presente TFG, se lleva a cabo el estudio previo de la documentación del proyecto. Este estudio es una de las partes más importantes del proyecto y en la cual se debe prestar especial atención, ya que la presencia de errores iniciales puede suponer fallos posteriores en la construcción.

Para ello se ha dispuesto de toda la documentación elaborada para el proyecto, que en este caso está realizada en CAD (véase figuras 33, 34, 35 y 36) y ha sido proporcionada por el arquitecto D. Jaime Chiralt. Sin embargo, los planos en 2D no son suficientes para extraer toda la información necesaria para la construcción del proyecto, como por ejemplo la relativa a los materiales de los elementos constructivos. Para una mayor comprensión, el arquitecto facilita imágenes renderizadas (véase figura 37) que apoyan los planos elaborados en CAD.

Ya inicialmente se puede observar una falta de información en los documentos proporcionados en CAD, que sin embargo en el modelo BIM puede ser incorporada desde los inicios sin la necesidad de imágenes externas que apoyen al modelo.



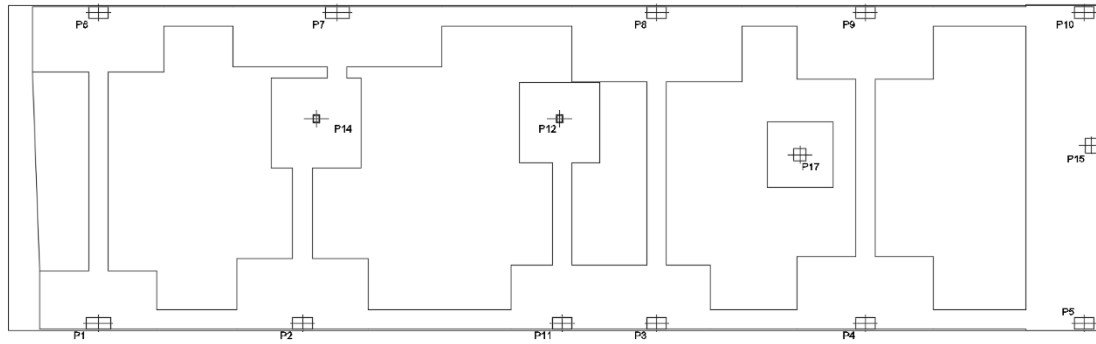
*Figura 32. Plantas de proyecto
Fuente: Chiralt Arquitectos*



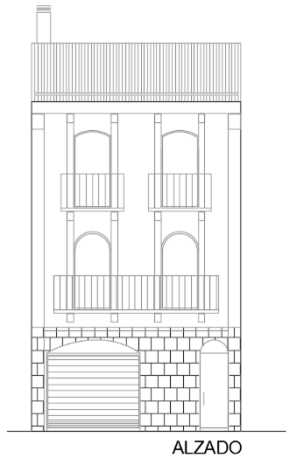
*Figura 33. Plantas de proyecto
Fuente: Chiralt Arquitectos*



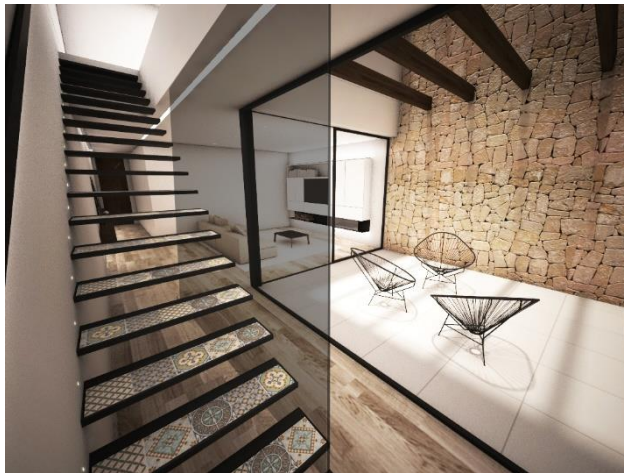
*Figura 34. Secciones del proyecto
Fuente: Chiralt arquitectos*



*Figura 37. Plano de cimentación del proyecto
Fuente: Chiralt arquitectos*



*Figura 36. Alzado de la fachada principal del proyecto
Fuente: Chiralt arquitectos*



*Figura 35. Imágenes renderizadas del proyecto
Fuente: Chiralt arquitectos*

6.4 Desarrollo del modelo en Revit

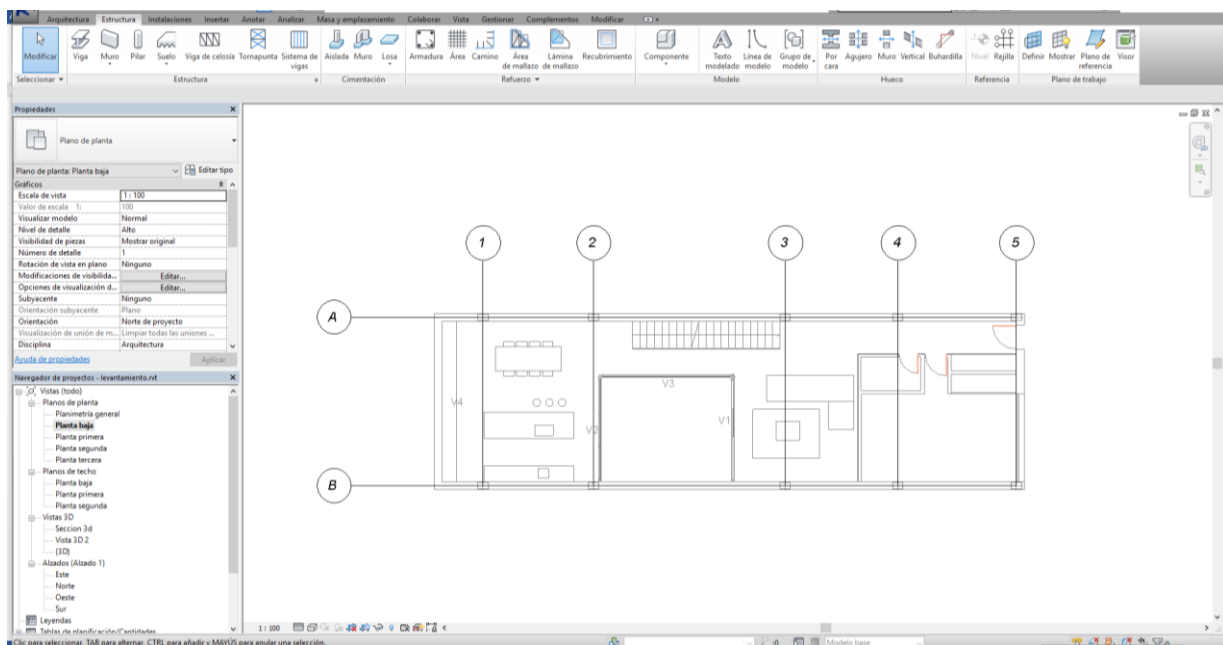
Una vez se ha recopilado la información suficiente acerca del proyecto, planos, detalles constructivos, imágenes 3D.... Se procede al modelado 3D en Revit.

En el presente TFG no se va a alcanzar el nivel máximo de desarrollo o modelo "as built", sino que se llegará a un nivel de desarrollo LOD 300. Como se indicó en el correspondiente capítulo, en el nivel LOD 300 se representa el elemento con sus características principales, la información y geometría general, mostrando de forma ordenada los elementos principales que conforman el edificio. Las fases que se han en el presente TFG para el desarrollo del modelo en Revit son las siguientes:

1. PREPARACIÓN DEL MODELO

Cuando hay que enfrentarse a un modelado en REVIT, el primer paso es analizar la distribución de la estructura y su disposición en el edificio. Por consiguiente, se revisan las alturas construidas, la separación entre pilares...etc.; para poder preparar la plantilla sobre la cual se va a construir.

Para ello, Revit dispone de dos herramientas: las rejillas y los niveles. La primera se emplea para organizar la distribución de los pilares en planta, y la segunda para colocar las diferentes alturas de la vivienda. Además, existe la posibilidad de importar los archivos en CAD al modelo en Revit, permitiendo ajustarse con precisión al .dwg proporcionado. (Véase figuras 38 y 39)



*Figura 38. Herramienta Rejillas y planta baja en CAD importada a Revit
Fuente: Elaboración propia*

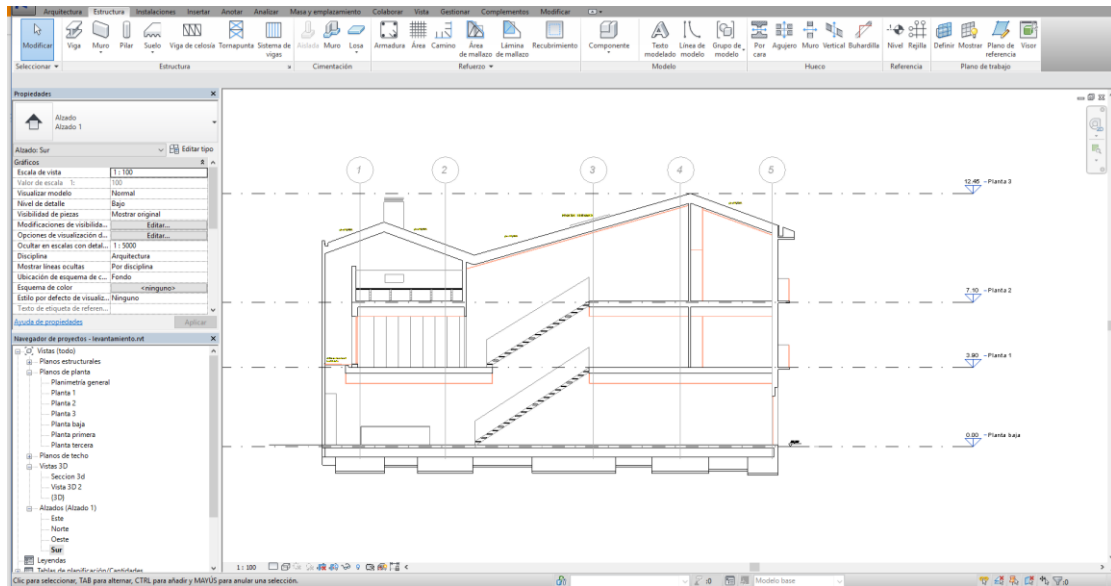


Figura 39. Herramienta niveles y sección importada en CAD al modelo Revit.

Fuente: Elaboración propia

Por cada nivel colocado, se genera un nuevo plano de planta del proyecto. Por tanto, el siguiente paso a seguir será la importación del resto de planos en CAD a Revit y comenzar así el modelado por alturas de los elementos del proyecto en base a la distribución propuesta inicialmente.

2. INSERCIÓN DE LOS ELEMENTOS

Una vez se ha organizado cómo se va a desarrollar la estructura, se procede al modelado 3D del proyecto de una manera muy similar a como se realizaría la construcción del proyecto, es decir, de abajo a arriba, comenzando por la estructura de la cimentación hasta acabar con la estructura de la cubierta.

En la figura 40, se observa la cimentación superficial del proyecto realizada a partir del plano 2D proporcionado. La cimentación de la vivienda está compuesta por zapatas de diferentes dimensiones y vigas centradoras y de atado, las cuales se han modelado a través de las herramientas de cimentación disponibles en Revit.

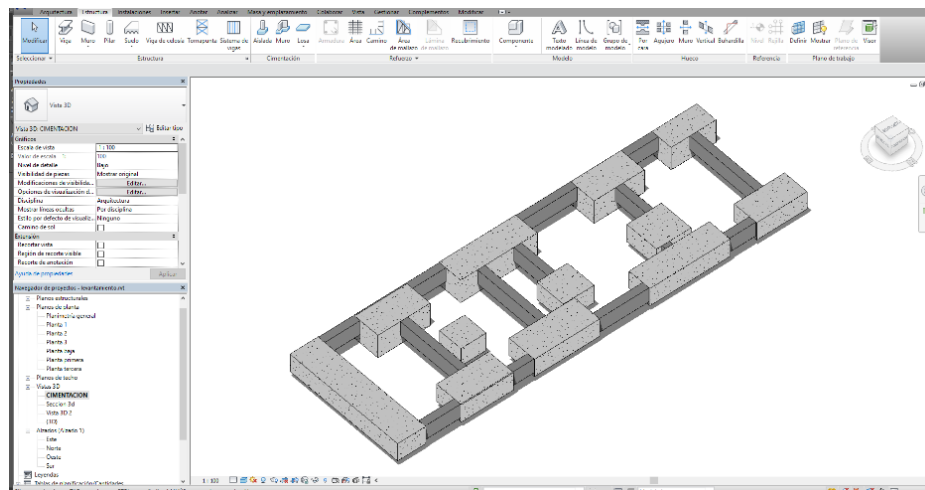


Figura 40. Cimentación superficial de la vivienda. Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso en la construcción del modelado, consiste en la construcción de la estructura del proyecto: la construcción de los forjados, los pilares y la cubierta, mediante la cual ya podemos extraer suficiente información acerca de la forma que va a adoptar el proyecto. Los elementos en este paso de modelado, se generan con el nombre “por defecto”, lo que supone que aún carecen de información específica y se modelan a través de elementos que Revit tiene disponibles por defecto en el programa.

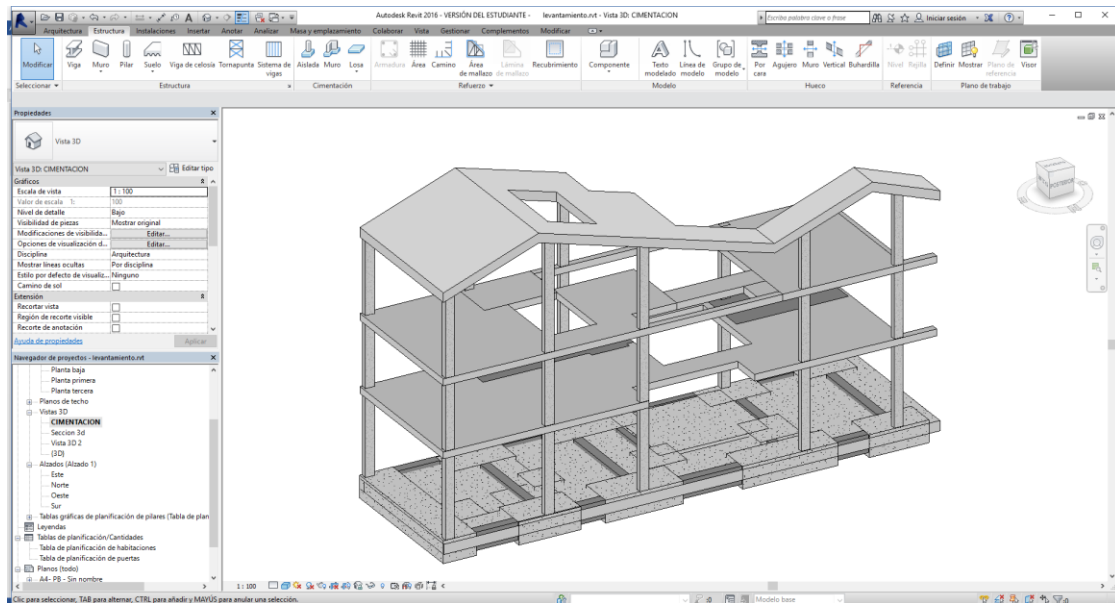


Figura 41. Estructura del proyecto en Revit. Fuente: Elaboración propia

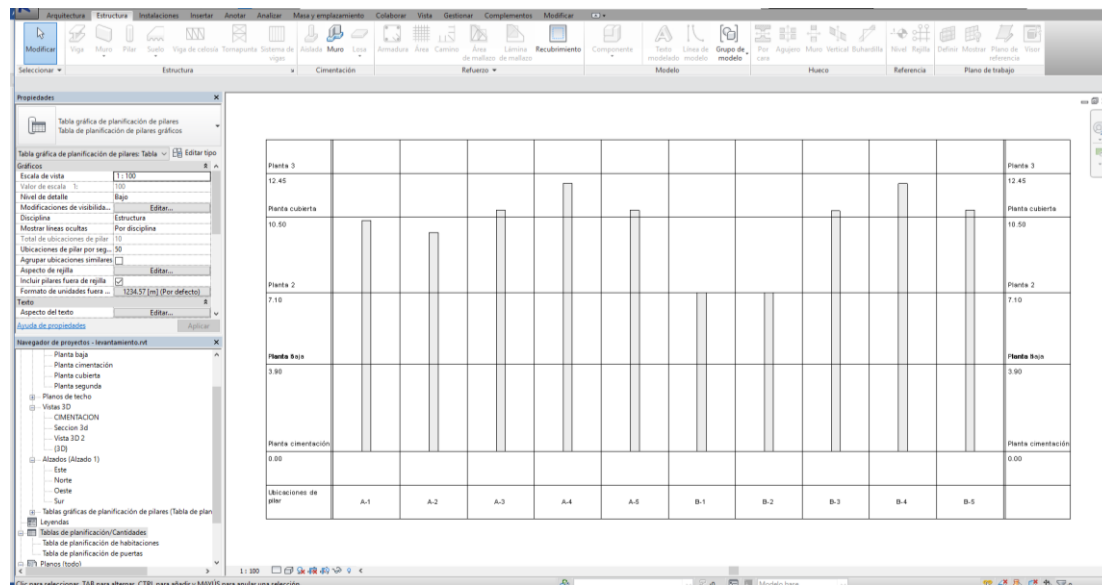


Figura 42. Tabla de planificación de pilares. Fuente: Elaboración propia

Del modelo generado, al cual ya se le ha añadido ubicación y orientación, se puede extraer información útil del proyecto, como por ejemplo la tabla de planificación de pilares mostrada en la figura 42, donde se muestran las alturas de los pilares en referencia a las rejillas y niveles dispuestos inicialmente. A continuación, se construyen los muros y tabiques del proyecto. Al igual que en el paso anterior, se van a construir bajo el nombre

“por defecto”, careciendo de información específica. No obstante, sí se va a diferenciar su función estructural, por lo que se crean diferentes tipologías de muros dependiendo de si son tabiques, muros estructurales o muros cortina, modelándose además la comunicación vertical y los componentes más importantes. Estos elementos son denominados “anfitriones” y no dependen de ningún otro elemento para poder ser modelados en el proyecto.

Seguidamente, se modelan los huecos del proyecto, puertas y ventanas, elementos que no son anfitriones y dependen de otros, en este caso los muros, para poder ser construidos. Así mismo, elementos de mayor detalle, tales como barandillas, barridos o telares, también dependen de un anfitrión, por lo que su construcción se realiza en los últimos pasos.

Para la construcción de las carpinterías del proyecto, se han utilizado familias disponibles en Revit y en plataformas de Internet, modificándoles algunos parámetros para ajustarlas al proyecto. Esta parte del modelado ha resultado ser más compleja, ya que la mayoría de las empresas disponen de sus carpinterías en formato CAD y no en Revit. Por esta razón, algunas no se ajustan exactamente a las diseñadas por el arquitecto, cuyas dimensiones han sido proporcionadas por un plano en 2D en CAD (véase figura 43).

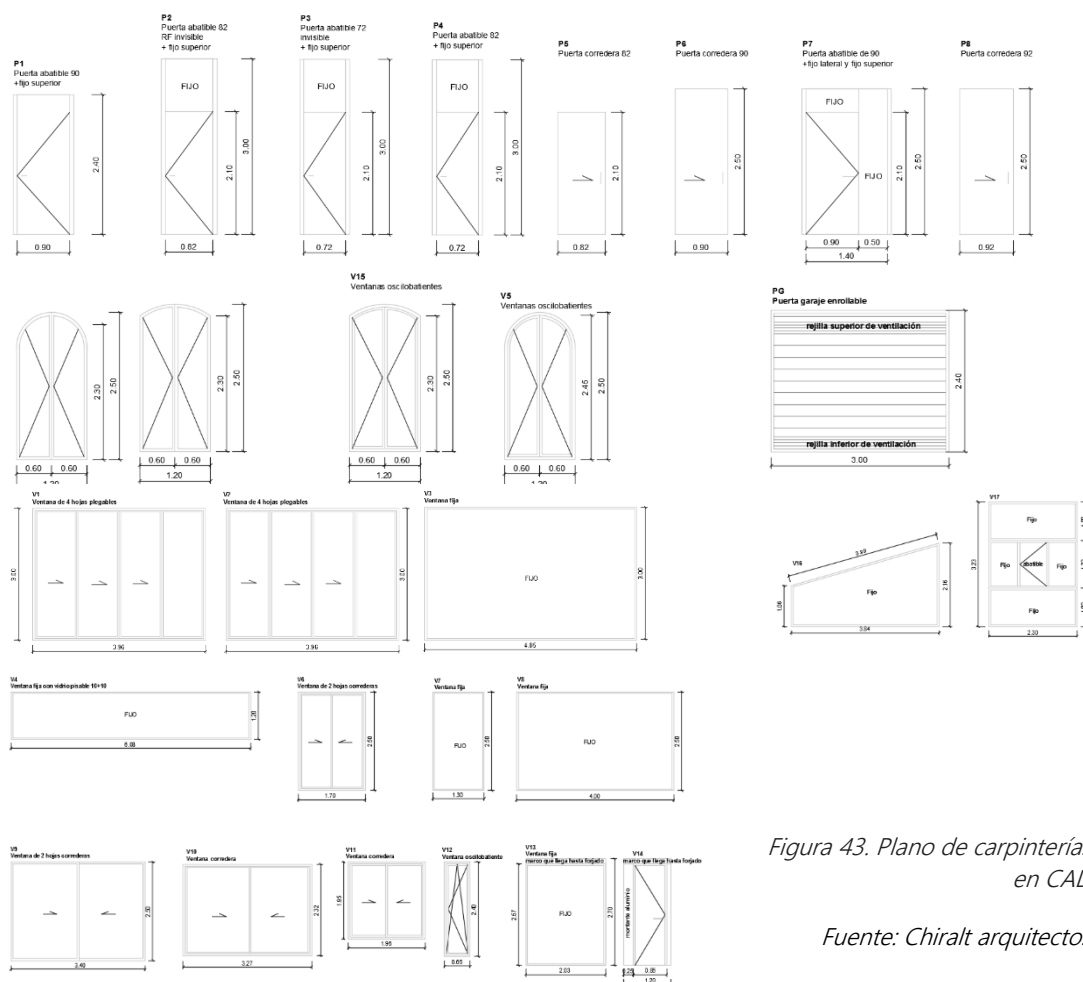


Figura 43. Plano de carpinterías en CAD

Fuente: Chiralt arquitectos

Una vez realizados todos los pasos descritos anteriormente, el modelo 3D del proyecto realizado a partir de los planos iniciales en CAD y de las imágenes renderizadas, queda de la siguiente manera (figura 46):

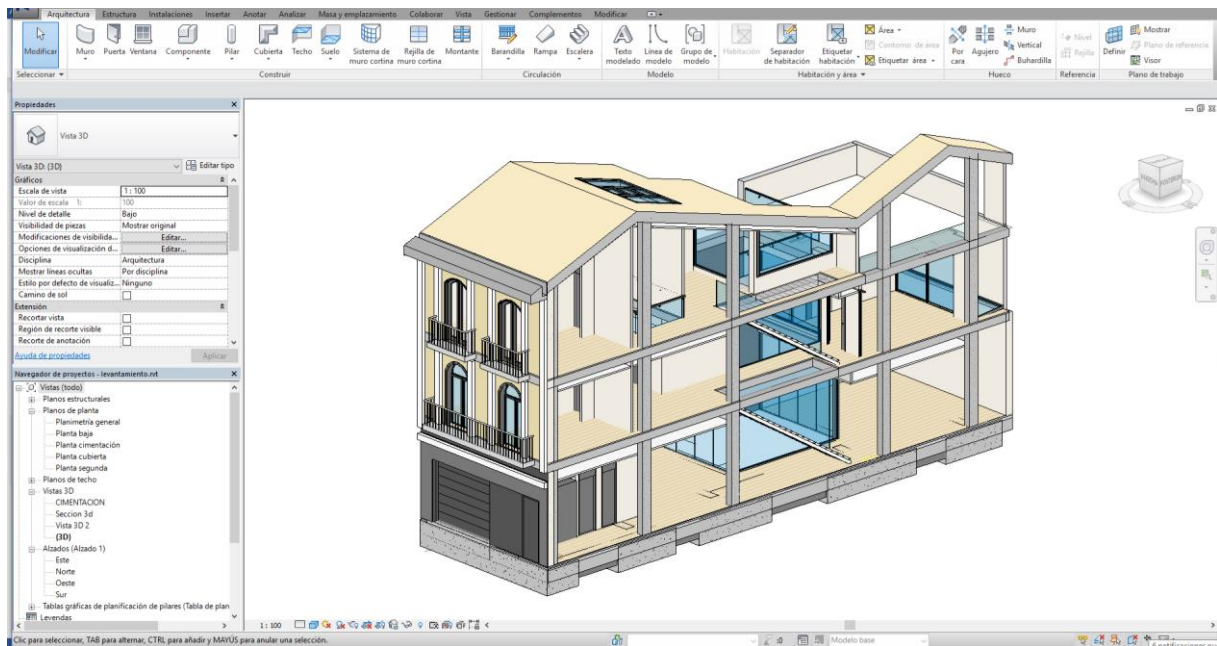


Figura 46. Modelo inicial del proyecto mostrado en colores coherentes en Revit. Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que la barandilla de la escalera mostrada en el modelo inicial no se corresponde con la idea inicial del proyecto mostrada en las imágenes renderizadas. Esto es debido a un cambio temprano en la idea del proyecto del arquitecto, que tuvo lugar al poco tiempo de comenzar el proyecto.

Entre las opciones de Revit, se encuentra la herramienta “estilo visual”, a través de la cual se puede cambiar la forma de ver el objeto. Dependiendo del estilo visual que se utilice, la cantidad de información del objeto se verá reflejada en mayor o menor medida. Las herramientas “nivel de detalle” y “sombras arrojadas” ayudarán también a la comprensión de los detalles del proyecto y a representar la orientación y posición del sol en el momento deseado.



Estructura inalámbrica



Línea oculta

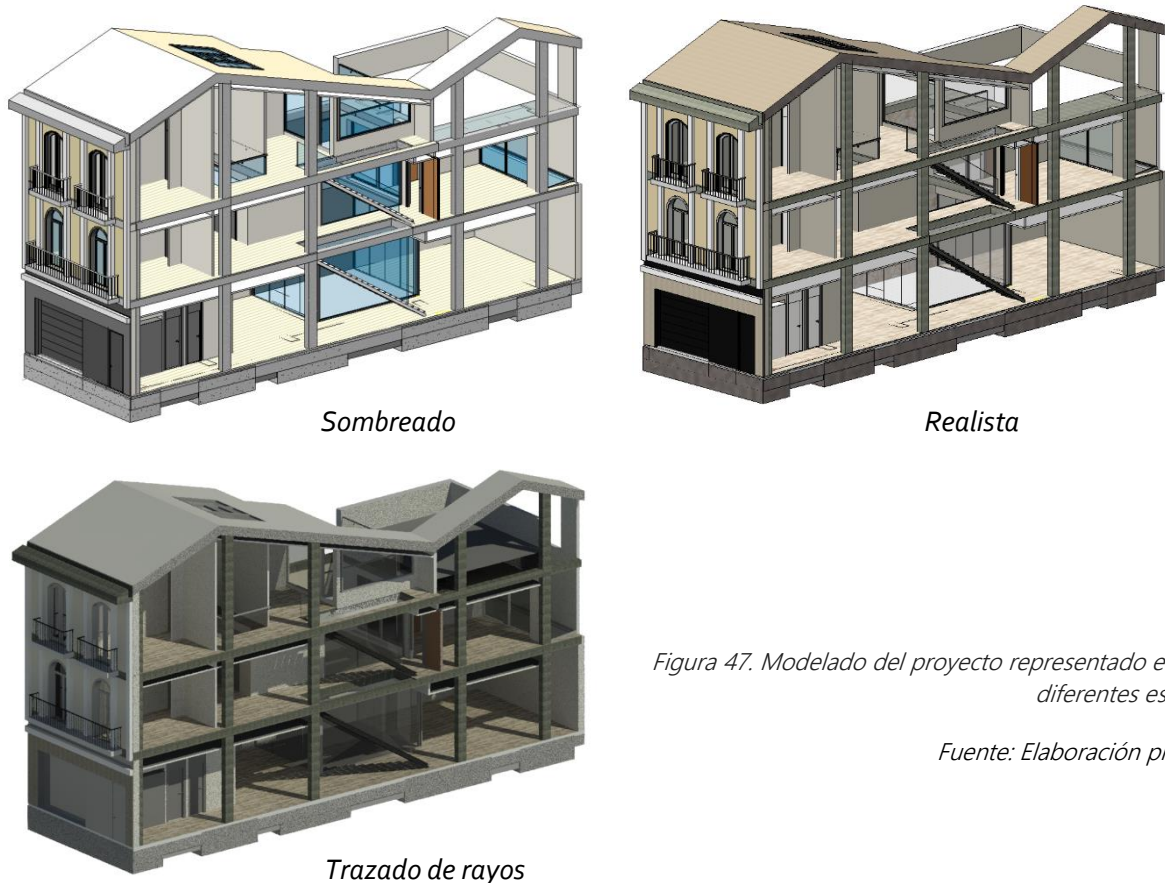


Figura 47. Modelado del proyecto representado en los diferentes estilos.

Fuente: Elaboración propia

Una característica muy útil del programa Revit durante el desarrollo del modelado, es la posibilidad de detectar errores de modelo de forma automática o alguna incompatibilidad. Además, otra notable ventaja que presenta el programa Revit con respecto al desarrollo de los proyectos en CAD, es que permite introducir restricciones de obligado cumplimiento por normativa durante el desarrollo del modelo, como por ejemplo las dimensiones de la huella y la contrahuella, o distancias mínimas entre elementos.

Por añadido, con el modelo 3D desarrollado, Revit permite desde un principio extraer tablas de planificación. Con estas tablas se puede obtener toda la información del proyecto a partir del modelo creado, como por ejemplo: cantidades de los componentes, volumen de material empleado, costes de los materiales...etc. Todo ello supone un considerable ahorro de tiempo con respecto al método tradicional.

Del nivel LOD 300 alcanzado en el modelo, se pueden resumir los aspectos más importantes reseñados a continuación:

- 6 Geometría completa del proyecto con todos los elementos constructivos
- 7 Capas y materiales detalladas de los elementos. Modelado de falsos techos
- 8 Ubicación y orientación del proyecto
- 9 Extracción de costes y planificación de los tiempos
- 10 Equivalente al Proyecto Básico

En las figuras 48 y 49 se pueden observar imágenes 3D exteriores renderizadas del proyecto obtenidas directamente en Revit, con un alto grado de definición, sin necesidad de recurrir a programas específicos de modelado. Esto supone un ahorro de tiempo adicional, ya que el modelo es usado simultáneamente para extraer los planos de proyecto y las imágenes realistas.

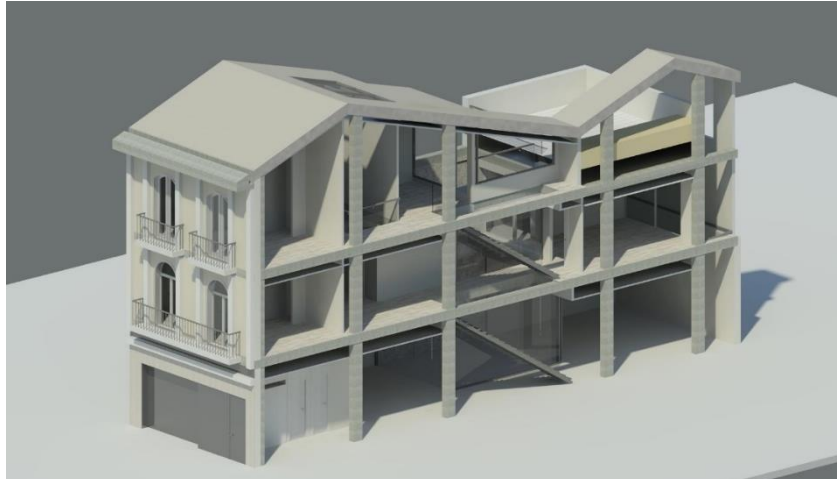


Figura 51. Imagen renderizada en Revit, lateral oeste sin medianera. Fuente: Elaboración propia

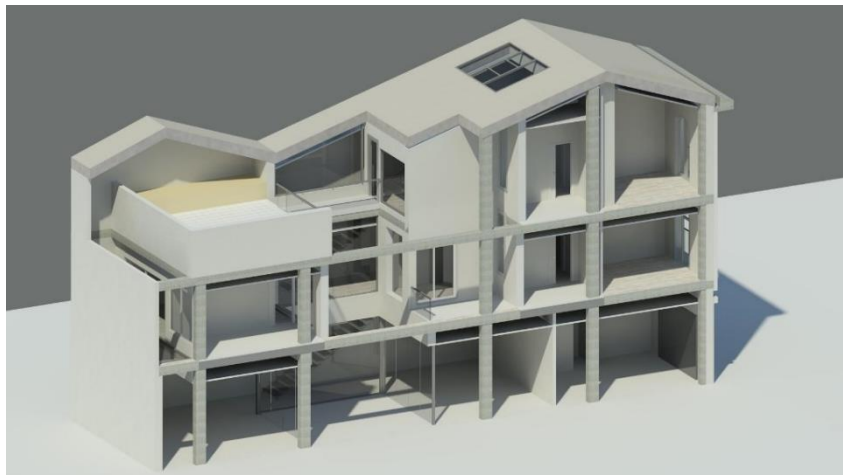


Figura 50. Imagen renderizada en Revit, lateral este sin medianera. Fuente: Elaboración propia



Figura 49. Fachada principal renderizada en Revit



Figura 48. Imagen renderizada del patio interior del proyecto

6.5 Seguimiento constructivo de la obra

En esta segunda parte del enfoque práctico se describen las visitas realizadas a la obra, ilustrándolas con las fotos tomadas en cada una de ellas que muestran el desarrollo temporal de la construcción de la vivienda y acompañadas del modelo en Revit de lo construido en cada fase. Como se ha indicado previamente, la construcción comenzó pocas semanas antes del inicio del presente TFG (22 de Febrero 2017) y en Julio del 2017 cuando se finaliza el TFG todavía no se ha terminado la obra, por lo que no ha sido posible mostrar el resultado final de la vivienda.

Durante las visitas a la obra, se ha podido constatar los diversos cambios realizados en el proyecto con respecto al diseño inicial, los cuales se detallaran a lo largo del apartado.

6.5.1. ESTADO DE LA OBRA (Momento de inicio del TFG)

Cuando se comienza el desarrollo del presente TFG, la obra ya se había iniciado pocas semanas antes y el ritmo de construcción seguido es constante desde ese primer momento. Por lo tanto no se ha podido incluir las fotografías de la demolición de la vivienda preexistente, la cual pertenecía a la familia de los propietarios y de la que se han preservado algunos elementos que se van a incorporar en el diseño de la nueva vivienda.



Figura 53. Encofrado del patio interior y levantamiento de pilares



Figura 52. Elementos huecos estructurales



Figura 54. Encofrado del hueco de escalera y armado del forjado

Fuente: Chiralt arquitectos

La figura 53 proporcionada por el arquitecto Jaime Chiralt, muestra el levantamiento de la estructura de la vivienda entre medianeras, realizada en hormigón armado. Los pilares de diferentes alturas se elevan hasta el punto donde acabará la cubierta, la cual todavía no se había construido.

Como se puede observar en las figuras, ya se había vertido el hormigón disponiendo de encofrados en los huecos previstos, tanto de la escalera como del patio interior.

Resulta muy interesante, la técnica empleada en los forjados aligerados de la vivienda, en la cual se observan los cuerpos huecos estructurales (véase figura 52) que trabajan de encofrado perdido conformando los forjados.

La técnica de los cuerpos huecos estructurales, muestra la preocupación por conjugar el diseño y la responsabilidad, ya que permite la total libertad de composición y ejecución, posibilitando la colocación de pilares de forma aleatoria además de que reduce el peso total de la estructura. Las piezas están compuestas por materiales reciclados que optimizan el consumo de recursos naturales y reducen las emisiones de CO₂, permitiendo al mismo tiempo ahorros en logística y energía: 35% en hormigón, 20% en acero y un 80% las cargas aéreas en construcción. (Fuente: chiraltarquitectos.com)

Los planos proporcionados en AutoCAD muestran la distribución de la cimentación y de los pilares, la cual sufre una modificación desde el comienzo de la construcción de la vivienda. Cuando se inició la construcción de las zapatas, la carga impuesta al terreno no era la admisible produciendo asentamientos diferenciales en las viviendas colindantes, por lo que la cimentación se modificó con respecto a la inicial, introduciéndose un pilar en planta baja inexistente en los planos del diseño inicial. Al realizar los cambios en el modelo, el volumen de hormigón necesario, los costes y las cargas recibidas por la nueva cimentación se realizan de manera directa, suponiendo un notable ahorro de tiempo en la toma de decisiones y en la elaboración nueva de los planos.

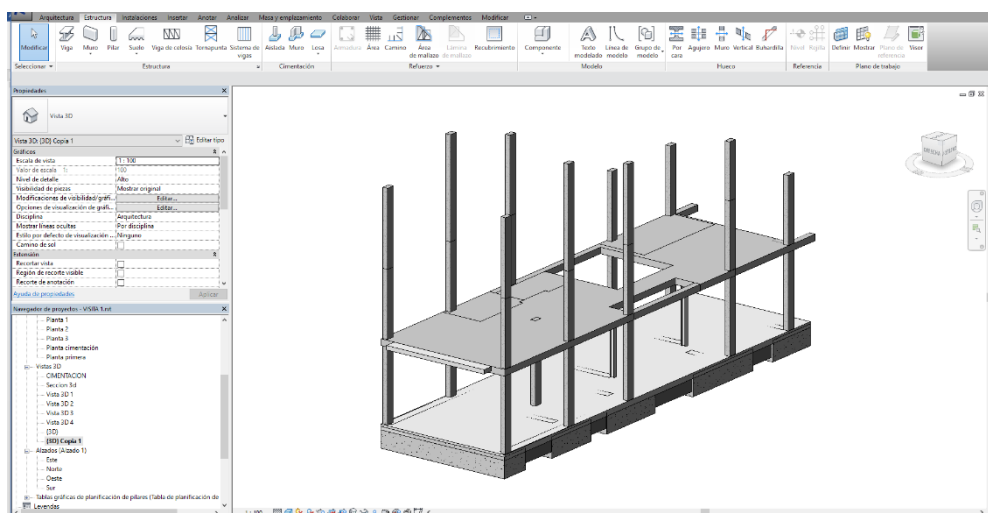


Figura 55. Modelo de la fase inicial del proyecto modificada. Fuente: Elaboración propia

6.5.2. PRIMERA VISITA DE OBRA (22 de Febrero 2017)



Figura 56. Plazas de cartón yeso



Figura 57. Apuntalado plantas superiores.

Fuente: Elaboración propia.

En la primera visita de obra, el hormigón de la estructura ya había endurecido y fraguado y tan sólo se encontraba la estructura apuntalada en la última planta, mostrándose los puntales apilados en planta primera. En la visita, se tuvo un primer contacto con el equipo de trabajo; el arquitecto, el arquitecto técnico, la propietaria de la casa y algunos albañiles, quienes explicaron el curso que había seguido la obra hasta el momento.

En la figura 57 se puede observar el inicio de la construcción del solado de planta baja, para el cual se ha provisto la colocación de placas de cartón yeso sobre las que posteriormente se verterá la capa de hormigón. Anteriormente, se había realizado el replanteo de las bajantes que ahora se observaban encofradas. Para la red de saneamiento se habían construido dos arquetas, las cuales se sitúan en planta baja. Una de ellas estará dedicada a la evacuación de aguas residuales y otra a la de pluviales, construyéndose toda la red mediante tuberías de PVC reforzado.

Las paredes medianeras todavía se presentaban con los alicatados de la vivienda anterior y con múltiples discontinuidades, las cuales deberán ser homogeneizadas en fases posteriores para proceder al correcto aislamiento de las medianeras. En esta fase de la obra no se realiza ninguna modificación con respecto a los planos iniciales, por lo que el transcurso de la obra continúa con normalidad.

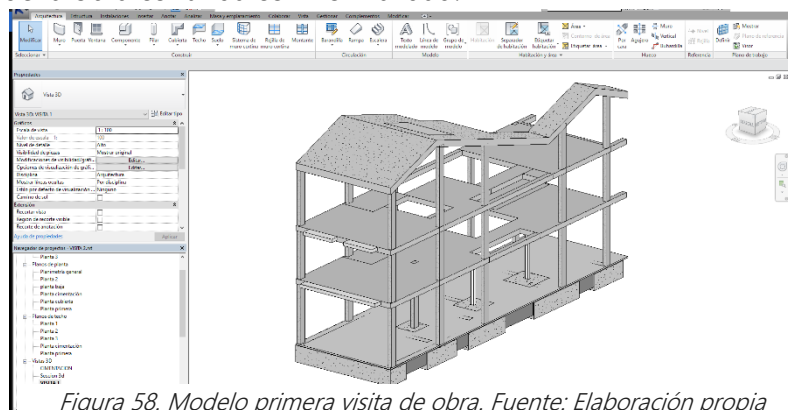


Figura 58. Modelo primera visita de obra. Fuente: Elaboración propia

6.5.3. SEGUNDA VISITA DE OBRA (1 de Marzo 2017)

A la semana siguiente, se realizó la segunda visita a la obra observándose pocos cambios con respecto a la visita anterior, ya que la primera parte de cualquier obra avanza siempre con mayor lentitud que el resto. En la figura 59, se puede ver la importancia de la seguridad en esta fase de la obra. En este caso se ha colocado una red en el hueco del patio interior enganchada en las partes laterales para evitar el desprendimiento de algún elemento constructivo al nivel inferior.

Las placas de cartón yeso ya habían sido colocadas por toda la superficie y el vertido de hormigón había endurecido posibilitando el paso sobre la losa. En la figura 58 se puede ver los huecos previstos para las bajantes y los ladrillos apilados que ya han sido suministrados para ser utilizados en la tabiquería.

Las plantas superiores todavía se muestran apuntaladas y debido a que todavía permanece el encofrado en el hueco de escalera, no ha sido posible acceder a las plantas superiores, pudiendo tan solo tomar fotografías desde el hueco del patio interior.



Figura 60. Losa de hormigón acabada en planta baja



Figura 59. Puntales planta primera y segunda visto a través del patio interior

Fuente: Elaboración propia

6.5.4. TERCERA VISITA DE OBRA (15 de Marzo 2017)

La apariencia de la obra en esta tercera visita avanzó notablemente en la planta baja. A pesar de que sólo había transcurrido una semana, las paredes medianeras de planta baja ya estaban casi todas levantadas. Previamente, se habían homogeneizado y aislado mediante hormigón y paneles de cartón yeso, para así colocar después el ladrillo hueco que se observa en la figura 60.

La pared lateral del hueco de la escalera se realizó en primer lugar para poder proceder a la construcción de la escalera lo antes posible. La pared perteneciente al patio interior se había realizado en ladrillo hueco de mayor grosor y resistencia que el resto, para poder soportar las cargas que va a transmitir el acabado de piedra.

Los puntales de las plantas superiores y el encofrado del hueco de escalera todavía no se habían retirado, por lo que el trabajo en obra se estaba llevando a cabo solamente en planta baja.



Figura 61. Colocación de paredes medianeras. Fuente: Elaboración propia

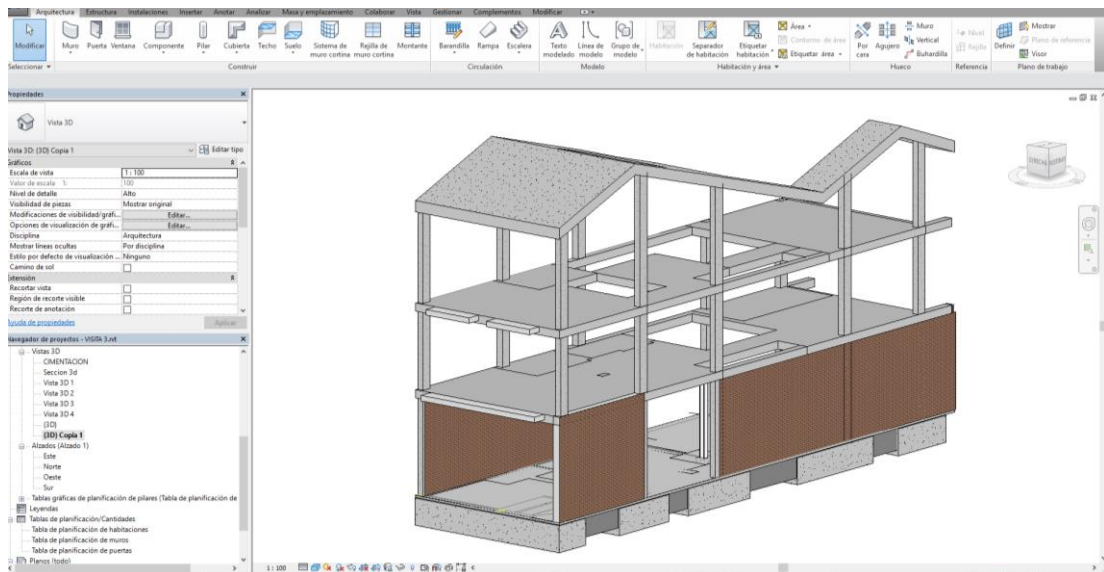


Figura 62. Modelo de la tercera visita de obra. Fuente: Elaboración propia

6.5.5. CUARTA VISITA DE OBRA (22 de Marzo 2017)

En esta cuarta visita la novedad fue la retirada de los puntales de las plantas superiores, hecho que permitió avanzar la obra en esta parte de la vivienda y por consiguiente, proceder a la construcción de la comunicación vertical. A pesar de que todavía no se había realizado la construcción de la escalera, se accedió a la primera planta a través de una escalera industrial para poder así observar de manera próxima el resultado de la estructura en la planta superior.

Al haberse realizado las visitas de obra una vez por semana, los cambios observados entre las diferentes asistencias a la obra eran apenas notables, continuando en esta cuarta visita con la construcción de las paredes de medianería en planta baja, de las cuales solo restaba una pared lateral y la pared del fondo por realizar.

El proyecto continúa siguiendo los planos elaborados en AutoCAD, ya que de momento la construcción de las medianeras resulta sencilla y sin apenas cambios.



Figura 63. Planta superior sin puntales. Fuente: Elaboración propia

6.5.6. QUINTA VISITA DE OBRA (5 de Abril 2017)

Dos semanas más tarde se realizó la quinta visita a la obra, la cual mostraba un notable avance con respecto a la visita anterior. Las paredes de medianería de planta baja ya estaban todas terminadas, inclusive la pared del fondo, y en la pared del patio interior ya se habían preparado los andamios para poder iniciar en los próximos días la construcción de la piedra que la reviste (Véase figura 62).

En la planta superior ya había comenzado la construcción de las paredes de medianería, situando el tubo de descarga en el patio interior. Al igual que en planta baja, se ha realizado en primer lugar la pared sobre la que se apoya la escalera superior para proceder a su construcción lo antes posible.

Días anteriores a la visita se había realizado el replanteo de la escalera, la cual presentaba ya construida su zanca metálica lateral (véase figura 64).

En la visita pasada asistió el profesional encargado de la construcción de la escalera, con quien se resolvieron ultimas dudas acerca de su levantamiento y se finalizaron algunos detalles constructivos que permanecían en duda. La zanca se pegaba a la pared lateral con hormigón y estaba soldada a dos chapas metálicas fijadas en los forjados de ambos niveles.

La estructura de la escalera se había reforzado con respecto a la idea inicial, no obstante, estos cambios no se introdujeron en el modelo 3D por falta de conocimientos acerca de la modificación de familia de los peldaños de escaleras.



Figura 64. Zanca metálica de la escalera y planta baja con paredes medianeras finalizadas

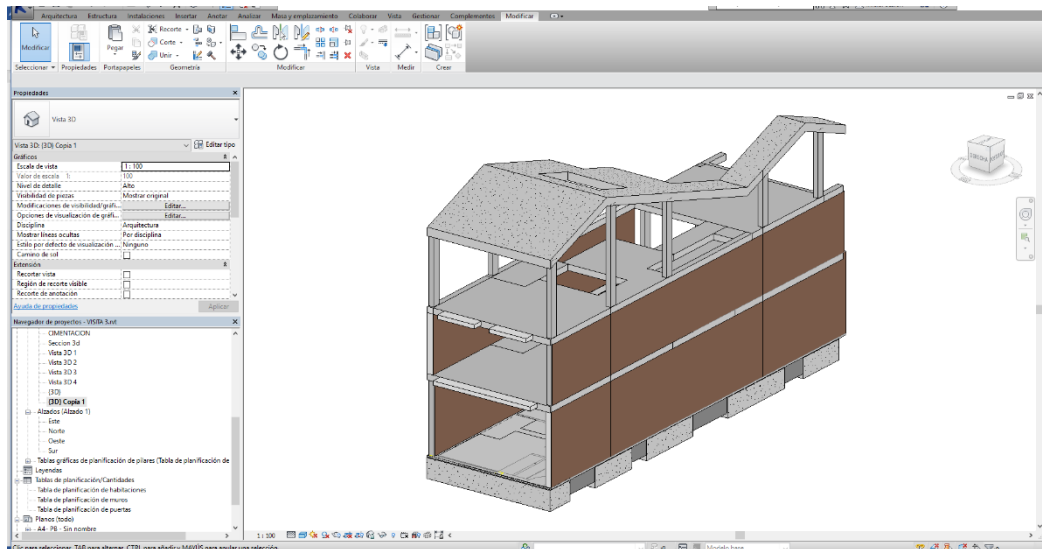


Figura 65. Modelo de la quinta visita de obra. Fuente. Elaboración propia

6.5.7 SEXTA VISITA DE OBRA (10 de Mayo de 2017)

Transcurrido poco más de un mes, se asistió a la obra por sexta vez, observándose numerosos cambios con respecto a la visita pasada, lo que resulta en una visita mucho más interesante.

En la figura 66 se muestran los peldaños del tramo inferior que habían sido soldados a la zanca metálica y la zanca superior se encontraba ya anclada en la pared de la primera planta.

La escalera de la vivienda está formada por una zanca metálica oculta en la pared lateral, a la cual se le sueldan unos perfiles metálicos que conforman las huellas de la escalera. Sobre los perfiles reposarán al final de la obra unas baldosas hidráulicas preservadas de la vivienda anterior, otorgándole a la escalera un gran protagonismo en la vivienda. Por el momento, se habían sustituido las baldosas por planchas de hormigón, facilitando así el paso a través de la escalera.

En el diseño inicial, la altura de la escalera es salvada por unos tirantes metálicos que cuelgan del forjado superior enganchados a las huellas, a petición de los propietarios. No obstante, por temas de diseño y estética visual, el arquitecto propone cambiar los tirantes por un cristal como elemento de protección. Este cambio es realizado desde el inicio del desarrollo del presente TFG por lo que se ha introducido en el modelo inicial realizado, incorporando así directamente los cambios en el proyecto. Al realizar el cambio en el modelo en Revit, las cantidades y



*Figura 66. Escalera planta baja y patio interior con revestimiento de piedra.
Fuente: Elaboración propia*

superficies de material acristalado son modificadas directamente, pudiendo extraer toda la información relacionada con este elemento.

El revestimiento de piedra de la pared del patio interior, véase figura superior 67, ya se había terminado y solo faltaba realizar el remate superior del muro. En la visita hubo algunas complicaciones en relación con el propietario de la vivienda colindante, ya que algunos escombros se habían desprendido sobre el patio anexo, el cual encontraba en muy bajas condiciones. Esta pequeña discusión ralentizó el ritmo de la visita, no obstante, se pudo presenciar un aspecto legal de la arquitectura muy importante en este tipo de edificaciones.

En esta visita, se había iniciado la construcción de las capas que conforman la cubierta, disponiéndose de una polea para el transporte del material a través del hueco del lucernario. En la figura inferior 67, se muestran ya colocados el aislamiento y una capa de hormigón.



Figura 67. Revestimiento de piedra y construcción de las capas de cubierta
Fuente: Elaboración propia

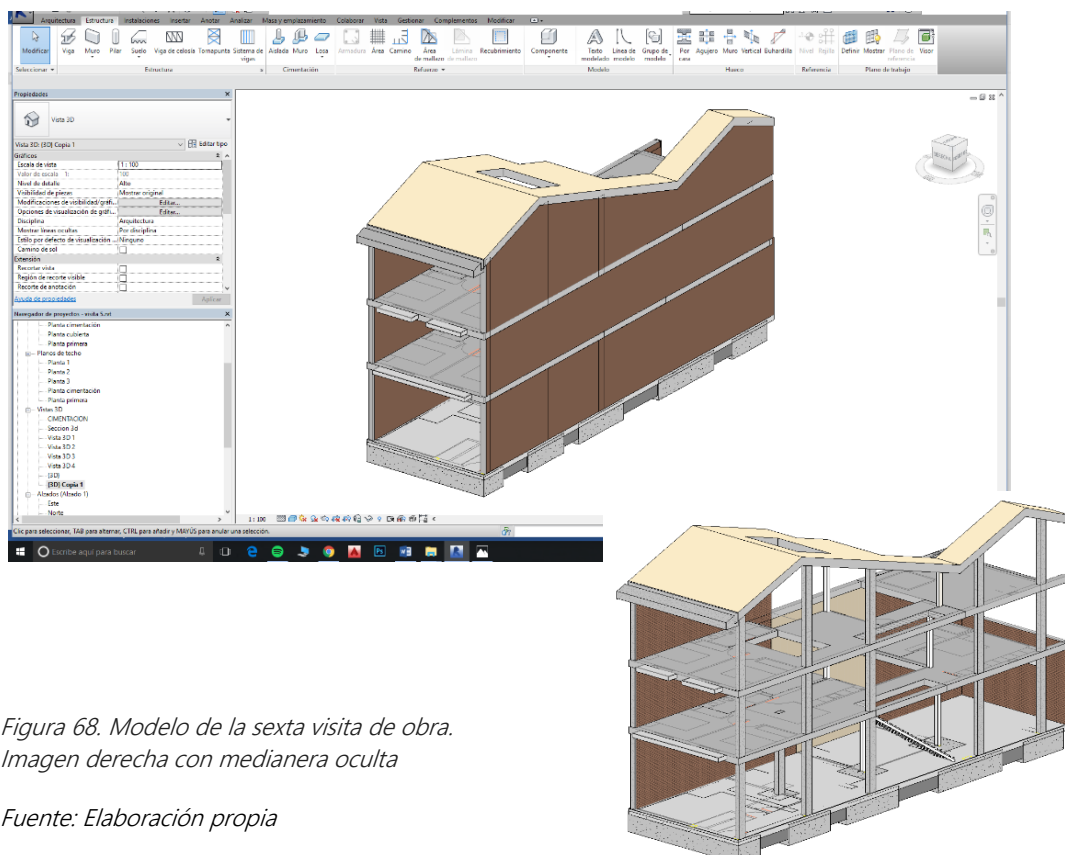


Figura 68. Modelo de la sexta visita de obra.
Imagen derecha con medianera oculta

Fuente: Elaboración propia

6.5.8 SÉPTIMA VISITA DE OBRA (26 de Mayo 2017)

Transcurridos 16 días desde la visita anterior, es aspecto más destacado fue la construcción del segundo tramo de escalera de acceso a la última planta, de forma que se pudo acceder por todas las alturas cómodamente.

El muro de piedra del patio interior se encontraba cubierto, protegiéndolo así de posibles daños externos. El levantamiento de tabiques continuaba, y se estaba realizando la construcción de los tabiques que vuelcan al patio interior, observándose en ellos los dinteles de hormigón prefabricado de los huecos de ventanas (véase parte inferior de la figura 69). En primer lugar se estaban realizando los tabiques que hacían de límite con el exterior para posteriormente proceder al levantamiento de los tabiques interiores.

En esta visita los propietarios de la vivienda propusieron un cambio en la pared medianera del fondo, la cual vuelca a la habitación principal y que se puede ver en la parte superior de la figura 69. Inicialmente el arquitecto había propuesto una pared de paramento liso y claro, que potenciara la entrada de luz por el hueco del fondo. No obstante, a petición de la propietaria, la pared medianera se cambia a una pared que alberga un jardín vertical. Por ello, la pared medianera tuvo que ser realizada con un ladrillo de mayor resistencia que el propuesto inicialmente, de manera que pudiera resistir la estructura de soporte del jardín.

Por otra parte, en la visita se habla de las instalaciones de gas y los puntos de ventilación con el exterior, observándose que hay disposiciones que deben ser cambiadas con respecto a los planos iniciales. La instalación de gas en la cocina y la existencia de viviendas colindantes en tres de sus cuatro fachadas, obliga a que toda la ventilación desemboque en fachada, modificándose las extensiones de los conductos. No obstante, las instalaciones no han sido objeto de estudio de este TFG, por lo que estos cambios no han sido introducidos en el modelo. No obstante, si hubiéramos desarrollado un nivel mayor, sí que deberían haber sido introducidas en el modelo y los cambios se realizarían de forma instantánea en todos los planos de la instalación.

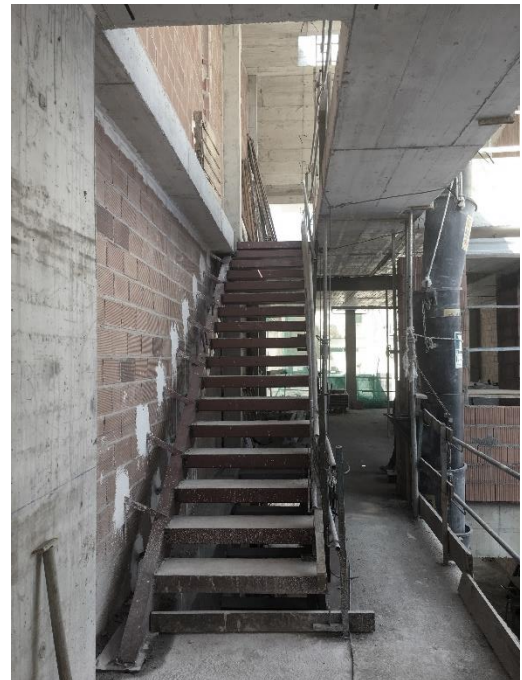


Figura 69. Escalera del tramo de planta primera, dinteles de hormigón prefabricado y pared medianera del fondo.

Fuente: Elaboración propia

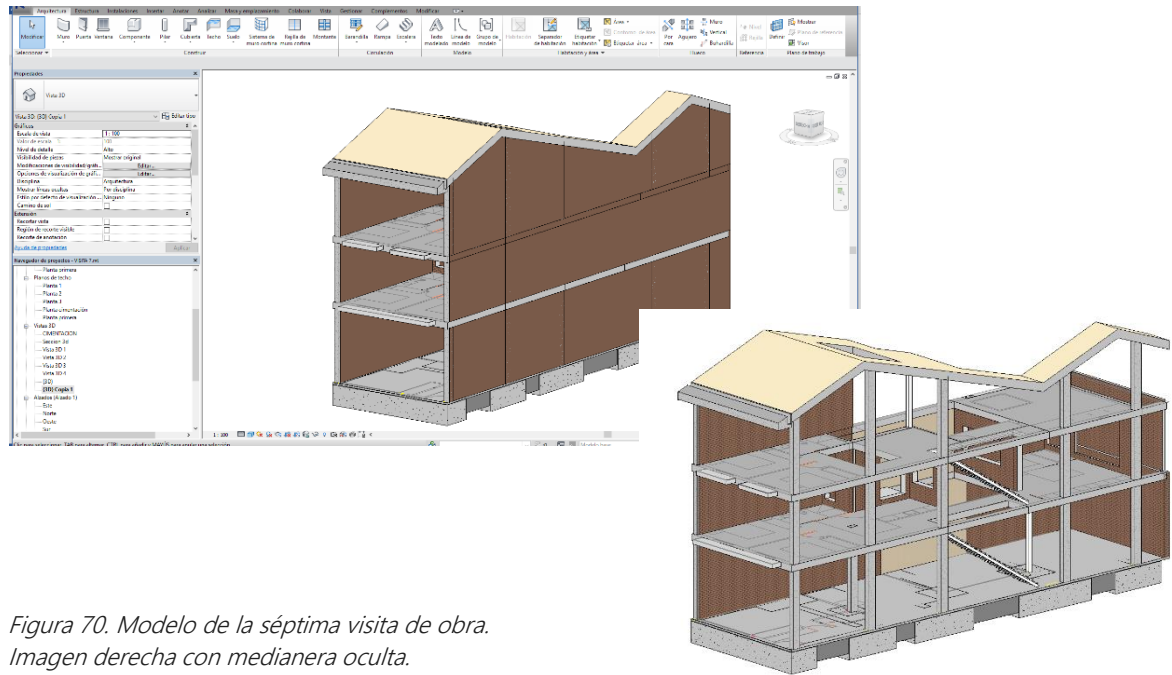


Figura 70. Modelo de la séptima visita de obra. Imagen derecha con medianera oculta.

6.5.9 OCTAVA VISITA DE OBRA (28 de Junio 2017)

Finalmente, la última y octava visita fue realizada el 28 de Junio de 2017. En ella se pudo observar el ladrillo que conformaba la fachada de la vivienda, con los huecos de los balcones ya dispuestos según la forma tradicional propuesta desde el inicio del proyecto.

En la parte superior de la figura 71, se puede ver el revestimiento blanco ya colocado en la pared medianera este y la chimenea de ventilación terminada en cubierta. La fachada mantiene un aspecto tradicional por cuestiones legislativas del ayuntamiento de Massamagrell, que ha publicado extensas normativas acerca de la preservación de la imagen tradicional del centro de la localidad.

En la visita se pudo observar que la construcción de los conductos de instalación ya se estaba realizando, observándose en toda la obra los tubos de PVC ya dispuestos en forjado y conectados a los tubos bajantes, que discurrían por las paredes medianeras.

Otro aspecto que destacó en la planta baja en esta visita, fue la construcción de las planchas metálicas de la escalera. Estas planchas que se pueden ver en la figura 72, se encuentran soldadas a otras placas metálicas



Figura 71. Fachada exterior y huecos de los balcones

Fuente: Elaboración propia

fijadas por tornillos al forjado y se presentan como la estructura resistente que soportará el elemento de protección acristalado de la escalera.

Toda la tabiquería que linda con el exterior había sido finalizada, y en esta visita se estaba comenzando el levantamiento de los tabiques interiores. En la parte superior de la figura 73 se observa el replanto previo de toda la tabiquería interior, manteniéndose la distribución sin cambios con respecto a la distribución inicial.

En la misma figura, se puede ver también el hueco previsto por la hilera de ladrillos en la parte baja de los tabiques. Esto se realiza para poder albergar toda la instalación del suelo radiante. En esta visita, los suministradores del suelo radiante vinieron a la obra para aclarar detalles acerca de la instalación. Algunas cuestiones que se comentaron, fueron la colocación de las bombas de agua y los circuitos eléctricos, que sufrió cambios con respecto a la distribución inicial ya que en un principio se desconocía su tamaño y fue necesario destinar un mayor espacio para su disposición.

Al igual que en la planta primera, en la planta superior también se había realizado el replanteo y se había construido la primera hilera de ladrillos, mostrándose la distribución de las habitaciones. La idea inicial de albergar un jacuzzi en la terraza fue desechada, manteniéndose únicamente el espacio de barbacoa. No obstante, esta idea ya se había descartado desde los inicios del desarrollo del TFG, por lo que el jacuzzi no fue introducido en los modelos iniciales realizados en Revit y no fue necesario aplicar este cambio.

Como se ha indicado previamente, el ayuntamiento de la localidad ha desarrollado importantes normativas para la preservación de la imagen tradicional del centro de Massamagrell. Por este motivo, la cubierta inicial en AutoCAD con el acabado en gres porcelánico claro, se cambió por teja tradicional como obliga la normativa, concretamente a un modelo de teja mixta mediterránea (parte inferior figura 73). Este cambio es



Figura 72. Planta baja de la vivienda

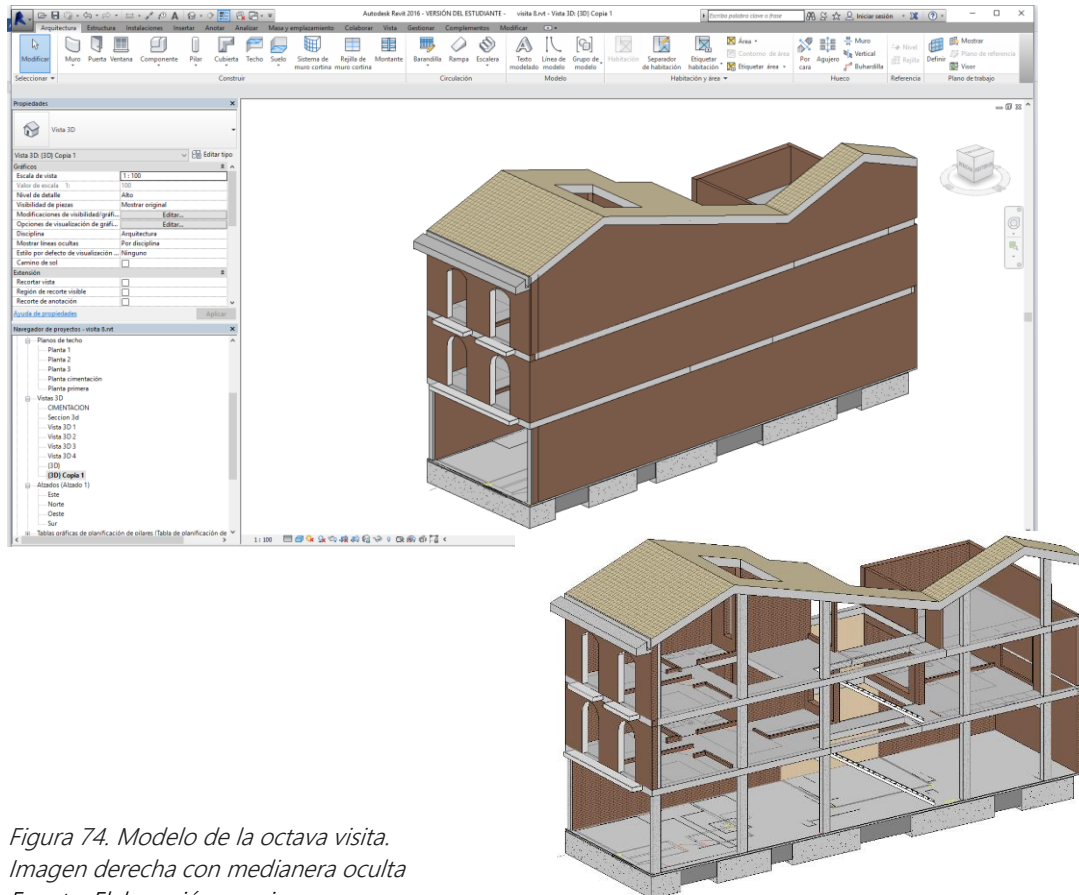


Figura 73. Tabiquería interior replanteada y tubo de bajante PVC. Imagen inferior, zona de terraza y cubierta

Fuente: Elaboración propia

introducido en el modelo en Revit, modificándose el aspecto del material y por consiguiente las cantidades utilizadas, los costes y todos las vistas extraíbles del modelo.

Para finalizar, en esta visita de la obra se comentaron las disposiciones deseadas de los inodoros por los propietarios, ya que era necesario conocerlas con exactitud para poder comenzar con las labores de fontanería. Sin embargo, no se llegó a una solución clara comentándose que se decidiría en la próxima visita.



*Figura 74. Modelo de la octava visita.
Imagen derecha con medianera oculta
Fuente: Elaboración propia*

7. CONCLUSIONES

Tras la realización del presente trabajo fin de grado se pueden extraer las siguientes conclusiones:

a) Del análisis teórico del BIM:

- En un archivo BIM toda la información de proyecto se encuentra integrada y actualizada. Los cambios en el proyecto son introducidos de manera directa lo que facilita la comunicación y colaboración entre todos los profesionales que trabajan en el proyecto.
- Las diferentes ramas de trabajo que actúan en un proyecto, arquitectura, estructura, instalaciones...etc. trabajan sobre un modelo único contenedor de toda la información

del proyecto, de tal forma que se evitan posibles fallos por la existencia de múltiples documentos. De este modo, se facilita el intercambio de información promoviéndose así la interoperabilidad y se reduce el número de inconcurrencias producidas por falta de actualización de la información.

- El BIM trabaja con un modelo paramétrico compuesto de elementos contenedores de toda la información, modelando elementos, tales como muros, puertas, ventanas...etc en lugar de líneas, de tal forma que los planos, las vistas y las imágenes 3D se obtienen de manera directa a través del modelo 3D del proyecto.
- Facilidad de trabajo. La actualización directa de la información permite introducir diferentes propuestas en el modelo, obteniéndose así diferentes alternativas de manera rápida que permiten anticipación y rapidez en la toma de decisiones.
- Seguimiento continuo de la obra. El BIM es usado durante todas las fases de un proyecto, desde los inicios del diseño hasta las fases de mantenimiento del edificio. Por este motivo, el BIM supone un control continuo de todo el desarrollo del proyecto permitiendo el anticipo de posibles errores y controlando los tiempos de las fases del proyecto.
- Facilidad de comprensión para el personal no presente en el diseño del proyecto, mejorando la relación entre cliente y proyectista. Con el BIM, se facilita la comprensión visual y global del proyecto de aquellos que carezcan de conocimientos sobre la materia.

b) De la aplicación práctica y a través del modelo inicial construido y el posterior seguimiento de la obra:

- La principal ventaja del uso del BIM en el proceso de seguimiento y construcción de la obra ha sido el ahorro de tiempo. Los cambios surgidos a lo largo de la obra sobre el proyecto inicial, se han modificado en el modelo en Revit afectando a todo el proyecto, por lo que se ha empleado menor tiempo y trabajo. Los planos y vistas del modelo se modifican de manera instantánea, los cuales de haberse realizado en AutoCAD tendrían que haber sido modificados uno por uno.
- Se puede facilitar información inmediata al propietario sobre cualquier cambio que tenga lugar en el proyecto, como por ejemplo, los costes que conlleva el cambio sobre el presupuesto inicial del proyecto. De esta manera se facilita la toma de decisiones del propietario, pudiéndole ofrecer diversas propuestas de forma directa.

En definitiva, se puede observar a lo largo del TFG desarrollado que la implantación del BIM se está produciendo de manera creciente, desplazando del marco actual el desarrollo de proyectos en AutoCAD. Como se ha podido comprobar, las ventajas del uso del BIM en el proceso de construcción de un proyecto son muy superiores con respecto al

desarrollo de proyectos en AutoCAD, suponiendo grandes ahorros principalmente de tiempo y notables mejoras en la gestión de la información.

Además, el empleo del BIM ayuda a mejorar uno de los problemas constantes en los proyectos de construcción, la distorsión del presupuesto inicial con respecto a los costes finales. Por consiguiente, el empleo del BIM supone ventajas para todos los profesionales implicados en el desarrollo de los proyectos, mejorando notablemente la eficiencia en el trabajo de todos.

8. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Gráfica que representa la contribución en España al crecimiento de la inversión en construcción.....	5
Figura 2. Factores que intervienen en el modelo BIM	11
Figura 3 Trabajo BIM Vs 2D CAD . Courtesy of Shoegnome.....	14
Figura 4: Mapa de implantación del BIM en 2014	15
Figura 5. Implantación del BIM en Europa.	16
Figura 6. Logo REVIT.....	17
Figura 7. Logo Archicad.....	17
Figura 8. Logo TEKLA.....	18
Figura 9. Logo Allplan.....	18
Figura 10. Logo Vectorworks	18
Figura 11. Niveles de desarrollo del BIM.....	19
Figura 12. Niveles de Detalle.....	20
Figura 13. Dimensiones del BIM	22
Figura 14. Herramienta muro en REVIT	25
Figura 15. Herramienta suelo en REVIT	26
Figura 16. Herramienta Puerta	26
Figura 17. Herramienta ventana en REVIT	26
Figura 18. Herramientas para modelar muros cortina en REVIT.....	26
Figura 19. Herramienta para modelar escaleras en REVIT	27
Figura 20. Herramienta para modelar pilares en REVIT	27
Figura 21. Esquema de instalaciones	28
Figura 22. Paleta de herramientas de instalaciones en REVIT	29
Figura 23. Instalaciones en edificio realizadas en BIM.....	29
Figura 24. Análisis estructural en REVIT	31
Figura 25. Esquema de la presencia del BIM en el proceso de proyecto.....	32
Figura 26. Esquema 4D de planificación constructiva en BIM.....	33
Figura 27. Factores controlados por el facility management en un proyecto.....	35
Figura 28. Procesos de diseño tradicional vs Procesos de diseño mediante BIM.....	37
Figura 29. Mapa de emplazamiento del solar.....	40
Figura 30. Mapa de situación. Fuente: Google Earth	40
Figura 31. Detalle encuentro cubierta cerramiento.....	41
Figura 32. Detalle del forjado y solado	41
Figura 33. Plantas de proyecto.....	43
Figura 34. Secciones del proyecto.....	43
Figura 35. Imágenes renderizadas del proyecto.....	44
Figura 36. Alzado de la fachada principal del proyecto	44
Figura 37. Plano de cimentación del proyecto.....	44
Figura 38. Herramienta Rejillas y planta baja en CAD importada a Revit	45
Figura 39. Herramienta niveles y sección importada en CAD al modelo Revit.....	46
Figura 40. Cimentación superficial de la vivienda. Fuente: Elaboración propia	46

Figura 41. Estructura del proyecto en Revit. Fuente: Elaboración propia	47
Figura 42. Tabla de planificación de pilares. Fuente: Elaboración propia	47
Figura 43. Plano de carpinterías en CAD	48
Figura 44. Estructura por capas de la cubierta del proyecto en Revit. Fuente: Elaboración propia.....	49
Figura 45. Esquema de instalación del captador solar dispuesto en cubierta. Fuente: Chiralt Arquitectos	49
Figura 46. Modelo inicial del proyecto mostrado en colores coherentes en Revit. Fuente: Elaboración propia.....	50
Figura 47. Modelado del proyecto representado en los diferentes estilos.	51
Figura 48. Imagen renderizada del patio interior del proyecto.....	52
Figura 49. Fachada principal renderizada en Revit.....	52
Figura 50. Imagen renderizada en Revit, lateral este sin medianera. Fuente: Elaboración propia.....	52
Figura 51. Imagen renderizada en Revit, lateral oeste sin medianera. Fuente: Elaboración propia.....	52
Figura 52. Elementos huecos estructurales	53
Figura 53. Encofrado del patio interior y levantamiento de pilares	53
Figura 54. Encofrado del hueco de escalera y armado del forjado.....	53
Figura 55. Modelo de la fase inicial del proyecto modificada. Fuente: Elaboración propia	54
Figura 56. Plazas de cartón yeso	55
Figura 57. Apuntalado plantas superiores.....	55
Figura 58. Modelo primera visita de obra. Fuente: Elaboración propia	55
Figura 59. Puntales planta primera y segunda visto a través del patio interior	56
Figura 60. Losa de hormigón acabada en planta baja.....	56
Figura 61. Modelo de la tercera visita de obra. Fuente: Elaboración propia	57
Figura 62. Colocación de paredes medianeras.....	57
Figura 63. Planta superior sin puntales	58
Figura 64. Zanca metálica de la escalera y planta baja con paredes medianeras finalizadas	58
Figura 65. Modelo de la quinta visita de obra. Fuente. Elaboración propia	59
Figura 66. Escalera planta baja y patio interior con revestimiento de piedra	59
Figura 67. Revestimiento de piedra y construcción de las capas de cubierta.....	60
Figura 68. Modelo de la sexta visita de obra. Imagen derecha con medianera oculta	60
Figura 69. Escalera del tramo de planta primera, dinteles de hormigón prefabricado y pared medianera del fondo.....	61
Figura 70. Modelo de la séptima visita de obra. Imagen derecha con medianera oculta.	62
Figura 71. Fachada exterior y huecos de los balcones	62
Figura 72. Planta baja de la vivienda	63
Figura 73. Tabiquería interior replanteada y tubo de bajante PVC.	63
Figura 74. Modelo de la octava visita.....	64

9. BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

Fuentes Giner, B. (2014) Impacto del BIM en el proceso constructivo español. Cuadernos EUBIM.

Eastman, C. (2014) Building Information Modelling. BIM in current and future practice. Wiley.

Demchak, G, Dzambazova, T y Krygiel, E. (2008) Introducing Revit Architecture. 2009. BIM for beginners. SYBEX.

Project Management Institute. Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK) 5ª edición

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/79535/PMBOK_5ta_Edicion_Espanol__1_.pdf.

ARTICULOS DE SITIOS WEB

Bertolín Mora, J. (Noviembre/Diciembre 2014). Trabajo Fin de Grado. La burbuja inmobiliaria Española: Causas y Consecuencias
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/25428/Trabajo%20completo.pdf>

Ignacio Sánchez, J. (2010) Universidad Autónoma de Madrid. Económicas.T8. El sector de la construcción en España.
http://www.uam.es/personal_pdi/economicas/jsgutier/EE_ITM/T8_Constr.pdf

Amilton Retete Cruz, G. (2016) Universidad Tecnológica del Perú. Ingeniería Civil. Historia del BIM. <https://es.scribd.com/doc/313831782/historia-del-BIM-pdf>

Domenech, R. (17 de Noviembre 2011). Economista jefe Economías Desarrolladas de BBVA Research El impacto económico de la construcción y de la actividad inmobiliaria.
https://www.bbvaresearch.com/KETD/fbin/mult/111017_Elimpactoeconomicodelaconstruccion_tcm346-272580.pdf

Alonso Madrid, J. Nivel de desarrollo LOD. Revista Building Smart
http://escuelaedificacion.org/images/zoo/uploads/PDF/PRESENCIALES/MBIM/Revista_Building_Smart_JAM_Art.pdf

Adisa Olawale, Y. Ph.D. (Professor). Aston University. COST AND TIME CONTROL OF CONSTRUCTION PROJECTS: INHIBITING FACTORS AND MITIGATING MEASURES IN PRACTICE
http://publications.aston.ac.uk/15566/2/Cost_and_time_control_inhibiting_factors_and_mitigating_measures.pdf

Villamor, M (Abril 2015). BIM 4D para Planificación y Project Management. AEC-on
http://www.aparejadoresmadrid.es/archivos/ojornadas/56/bim_para_planificacio_n_y_pm.pdf

Xiomara Sierra Aponte, L. (Mayo 2016) Universidad de Santo Tomás. Trabajo Fin de Grado. Ingeniería Civil. Gestión de Proyectos de Construcción con metodología BIM.
<http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/14970/7/SierraLinaA%C3%B1o2016.pdf>

SITIOS WEB

http://economia.elpais.com/economia/2015/10/20/actualidad/1445359564_057964.html
Fecha de consulta: 11 de Mayo

<http://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/25428>

Fecha de consulta: 11 de Mayo

<http://www.administracionpublica.com/anteproyecto-proyecto-basico-y-proyecto-de-ejecucion/>

<http://www.arquitecturacercana.com/proyecto-desarrollo/proyecto-ejecucion.asp>

<http://www.es.4mbim.com/what-is-bim/>

https://www.graphisoft.es/archicad/open_bim/about_bim/

Fecha de consulta: 18 de Mayo

<http://caminahora.com/tecnologia-bim/>

<http://www.esbim.es/>

<http://www.bimbarcelona.com/bim-en-el-mundo/>

<http://itcformacionyconsultoria.com/bim-espana-europa/>

<https://www.bimcommunity.com/news/load/381/nibs-publishes-a-bim-guide-for-building-owners>

<http://www.entornobim.org/entorno-bim/que-es-bim>

<http://www.graphisoft.com/archicad/>

<https://www.tekla.com/la/productos/tekla-bimsight>

Fecha de consulta: 25 de Mayo

<https://www.espaciobim.com/que-es-el-lod-nivel-de-detalle/>

<https://revistadigital.inesem.es/disenio-y-artes-graficas/lod-nivel-de-desarrollo/>

<http://mundobim.com/2017/03/level-of-development-lod-bim/>

Fecha de consulta: 9 de Junio

<http://www.bimbarcelona.com/bim-para-gestion-facility-managment/>

<https://www.espaciobim.com/bim-3d-4d-5d-6d-7d/>

Fecha de consulta: 16 de Junio

<http://www.emagister.com/blog/ventajas-la-metodologia-bim-frente-la-metodologia-cad-dos-metodos-trabajo-radicalmente-diferentes-proyectar-edificios/>

Fecha de consulta: 24 de Junio

10. ANEXO